DIE MELILITH-NEPHELINITE DES HEGAUS

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften
der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Otto Krause
aus Tempelburg

1969

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547611_0044

DIE MELILITH-NEPHELINITE DES HEGAUS

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors
der Naturwissenschaften
der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Otto Krause
aus Tempelburg

1969

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: 19. 6. 1969

Dekan:	Prof. Dr. A. Seilacher
1. Berichterstatter:	Doz. Dr. W. Weiskirchner
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. W. v. Engelhardt

INHALTSANGABE

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Probenahme und Untersuchungsmethoden	4
2.1.	Probenahme	4
2.2.	Anreicherung einzelner Minerale	5
2.2.1.	Einleitung	5
2.2.2.	Gewinnung von Olivin	7
2.2.3.	Gewinnung von Pyroxen	7
2.2.4.	Gewinnung von Nephelin	8
2.2.5.	Gewinnung von Glas	8
2.2.6.	Gewinnung von Spinell	9
2.2.7.	Gewinnung von Magnetit	9
2.3.	Optische, chemische und röntgenographische Untersuchungen	10
3.	Beschreibung der untersuchten Vorkommen des Melilith-Nephelinits	10
3.1.	Höwenegg (S.12)	10
3.2.	Neuhöven (S 10)	18
3.3.	Schopfloch (S 11)	20
3.4.	Haslen (S 9)	21
3.5.	Hohenhöven (S 8)	22
3.6.	Schachen (S 7)	25
3.7.	Hohenstoffeln (S 6)	26
3.7.1.	Stoffeler Hof (S 6a)	31
3.8.	Sennhof (S 5)	31
3.9.	Homboll (S 4)	32
3.9.1.	Melilithschliere vom Homboll	35
3.10.	Pfaffwiesen Nord (S 3)	36
3.11.	Pfaffwiesen Süd (S 2)	37
3.12.	Riedheim (S 1)	38
3.13.	Blauer Stein (S 7a)	40
3.14.	Steinröhren (S 7b)	42
4.	Die Minerale des Melilith-Nephelinits	43
4.1.	Olivin	43
4.2.	Pyroxene	48
4.3.	Melilith	56
4.4.	Nephelin	62
4.5.	Spinell	64

Seite

4.6. Perowskit 66
4.7. Magnetit 66
4.8. Biotit 68
4.9. Apatit 68
4.10. Glas 69
4.11. Kluftminerale 70
4.12. Unbekanntes Mineral 70
5. Inhomogenitäten innerhalb der Melilith-Nephelinite 71
5.1. Cumulate 72
5.2. Schlieren 72
5.3. Fremdgesteinseinschlüsse 73
5.3.1. Grundgebirgseinschlüsse 73
5.3.2. Sedimentgesteinseinschlüsse 73
5.3.3. Veränderungen des Magmas und der Fremdgesteinseinschlüsse bei gegenseitiger Beeinflussung .. 74
5.4. Kluftfüllungen 75
6. Modaler Mineralbestand des Melilith-Nephelinits 76
7. Chemismus der Melilith-Nephelinite 82
7.1. Auswertung der Gesteinsanalysen 82
7.2. Nickelbestimmungen 88
8. Schlußbetrachtungen 90
8.1. Abscheidungsfolge der Minerale 91
8.2. Vorstellungen über den Eruptionsmechanismus und die Eruptionsfolge der einzelnen untersuchten Vorkommen des Melilith-Nephelinits ... 94
9. Zusammenfassung 95
Literatur 97

1. Einleitung

Betrachtet man die geologische Karte Südwestdeutschlands, so fallen drei vulkanische Gebiete besonders auf. Es sind dies das Gebiet um Urach auf der Schwäbischen Alb, der Kaiserstuhl im Rheintalgraben und der Hegau nordwestlich vom Bodensee. In diesen Gebieten spielt sich der Vulkanismus im Zuge der Alpenfaltung im jüngeren Tertiär ab, im Hegau insbesondere im Torton, Sarmat und Pont.
Die Landschaft des Hegaus ist geprägt durch die vielfältigen vulkanischen Erscheinungen. Die aus vulkanischem Material bestehenden schroffen Berge verleihen ihr einen besonderen Reiz.
Perlschnurartig in N-S Richtung aufgereiht, liegen die Kegel der Phonolithe und Melilith-Nephelinite. Dies gab früh Anlaß zu Vermutungen, daß entlang dieser Eruptionspunkte Störungen verlaufen. Nach CARLÉ (1952) deutet diese Anordnung simischer Ergußgesteine im Bereich der Hegau-Heldberg Zone auf tiefreichende Zerspaltung des Grundgebirges in rheinischer Richtung. Rheinisch streichende Störungen sind jedoch selten; meistens sind sie als Flexuren ausgebildet. Entlang der Phonolith- und Melilith-Nephelinitkegel wurden keine Störungen registriert. Die einzige größere rheinisch streichende "Hauptverwerfung" des Hegaus konnte in neueren Arbeiten von A.SCHREINER (1966) in ihrem Nordteil nicht bestätigt werden. So pausen sich die vermuteten tiefen Zerspaltungen des Grundgebirges im Hegau nicht merklich durch. Herzynisch streichende Richtungen sind im Hegau wesentlich stärker ausgebildet, denn der Hegau liegt in der Verlängerung des herzynisch streichenden Bonndorfer Grabens. Die Grabenzone ist hier besonders breit und tektonisch stark gegliedert. Auf tektonischen Karten bestimmen die herzynisch streichenden Störungen eindeutig das Bild. Sie lassen sehr schön den Verlauf der Grabenzone bis ins Bodenseegebiet erkennen.
Die hier untersuchten Melilith-Nephelinit-Vorkommen liegen in einer Raute, die von den Ortschaften Immendingen, Singen, Blumberg und Geisingen aufgespannt wird. Sie bilden im Ge-

lände meistens markante Punkte und sind daher alle mit Namen belegt, die auch für die einzelnen Vorkommen beibehalten wurden. Ihre geographische Lage ist in ein Kärtchen (Fig.1) eingetragen. Folgende 15 Vorkommen wurden untersucht: Höwenegg (S12), Schopfloch (S11), Neuhöven (S10), Haslen (S9), Hohenhöven (S8), Schachen (S7), Blauer Stein (S7a), Steinröhren (S7b), Hohenstoffeln (S6), Stoffeler Hof (S6a), Sennhof (S5), Homboll (S4), Pfaffwiesen Nord (S3), Pfaffwiesen Süd (S2) und Riedheim (S1).
Damit sind alle bekannten Melilith-Nephelinit Vorkommen des Hegaus außer dem Wartenberg bei Geisingen erfaßt.

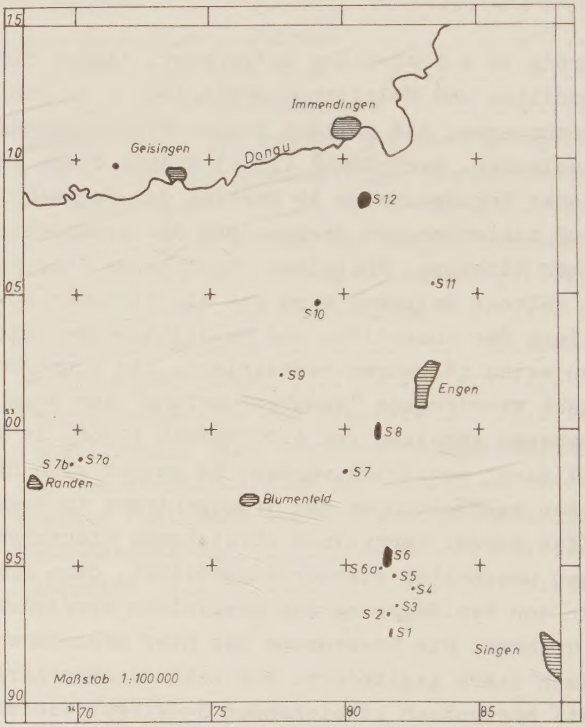

Fig.1: Übersichtskarte des Arbeitsgebietes

Die Melilith-Nephelinite stellen keine Oberflächenergüsse dar, sondern sie sind immer mit einer Ausnahme, dem Blauen Stein, in die vorher ausgeblasenen Tuff-Förderwege eingedrungen und in ihnen steckengeblieben. Durch die Erosion

sind sie als Härtlinge freipräpariert worden und bilden heute die Kuppen der Berge.
Neben diesen Gesteinspfropfen scheint ein Netz von Melilith-Nephelinitgängen zu bestehen. Von A.SCHREINER (1959b u. 66) wurden mehrere solcher Gänge beschrieben. Sie sind jedoch in der Regel vollkommen verwittert und daher für Untersuchungen wenig geeignet; zudem ist das Gestein solcher Gänge meist nur für kurze Zeit in Baugruben und Gelegenheitsaufschlüssen zugänglich.
Von älteren Untersuchungen an den Melilith-Nepheliniten sind zunächst die Dünnschliffbeschreibungen von H.MÖHL (1873) und von A.STELZNER (1883) zu erwähnen. A.STELZNER (1883) erkannte als erster den Melilith. Eine eingehende Untersuchung fast aller Vorkommen des Hegaus führte U.GRUBENMANN (1886) durch. Er gibt Gesteinsanalysen einzelner Vorkommen, eine Olivinanalyse vom Wartenberg sowie eine Pyroxenanalyse vom Hohenhöven an.
Eine weitere Arbeit, in der viele der Melilith-Nephelinite beschrieben werden, stammt von G.LEOPOLD (1940). Er gibt neben älteren auch neue Gesteinsanalysen an. Der modale Mineralbestand der untersuchten Vorkommen wird angeführt.

Eine neuere Arbeit, welche die Melilith-Nephelinite erwähnt, ist die Exkursionsbeschreibung von W.v. ENGELHARDT und W.WEISKIRCHNER (1961). Es werden an Hand von absoluten Alterswerten sowie an Geländebeobachtungen die einzelnen Eruptionsphasen zeitlich eingestuft. Die neueste Arbeit über die Melilith-Nephelinite ist die von O.KRAUSE und W.WEISKIRCHNER (1967). In ihr wird an Hand absoluter Altersbestimmungen am Gestein des Höweneggs geklärt, daß die Melilith-Nephelinite nicht die jüngsten vulkanischen Gesteine des Hegaus sind, sondern die Phonolithe. Nach dieser Arbeit und der von W.WEISKIRCHNER (1967) ergibt sich die altersmäßige Stellung im Rahmen des Gesamtvulkanismus des Hegaus für die untersuchten Gesteine der vorliegenden Arbeit wie folgt:

Helvetische Tuffite	16,2 ± 0,6 Millionen Jahre
Basisbentonite	14,6 ± 0,6 Millionen Jahre
Deckentuffe	14,0 - 16,1 ± 0,6 Millionen Jahre

Obere Bentonite	12,5 ± 0,6 Millionen Jahre
Melilith-Nephelinite	11,8 ± 0,6 Millionen Jahre
Hornblendetuffe	9,4 ± 0,5 Millionen Jahre
Phonolithe Süd	8,0 ± 0,4 Millionen Jahre
Phonolithe Nord	6,9 ± 0,4 Millionen Jahre.

An geologischen Arbeiten sind vor allem die von H.RECK (1923) "Die Hegau-Vulkane" sowie in neuerer Zeit mehrere Arbeiten von A.SCHREINER zu erwähnen.
Abgesehen von zwei Angaben bei U.GRUBENMANN (1886) und einer bei W.WEISKIRCHNER (Olivinalanalyse vom Höwenegg, Diss. 1950) sind bisher keine chemischen Analysen der Einzelminerale gemacht worden. Auch fehlen Charakterisierungen der Einzelminerale.
Es sollten hier das Gestein in seinen Einzelkomponenten zerlegt und soweit wie möglich die Einzelminerale charakterisiert werden, dies sollte bei möglichst vielen Vorkommen geschehen, um einen Gesamtüberblick über die Melilith-Nephelinite zu bekommen. Nur so schien es möglich, sichere Aussagen über die Genese der Gesteine und die Reihenfolge ihrer Förderung zu erlangen.

2. Probenahme und Untersuchungsmethoden

2.1. Probenahme

Um einen repräsentativen Querschnitt für die einzelnen Vorkommen zu erhalten, wurde eine Gesamtprobe genommen, d.h. es wurden an möglichst vielen verschiedenen Stellen des Vorkommens kleinere Proben gesammelt und diese zu einer Gesamtprobe vereinigt. Es ist darauf geachtet worden, daß nur frisches Material in die Gesamtprobe gelangte. Eine weitere Kontrolle des Materials auf seine Frische konnte außer im Gelände an der Retsch-Mühle beim Zerkleinern durchgeführt werden.
Wirklich gute Gesamtproben nach dem oben beschriebenen Konzept konnten jedoch nur an den größeren Aufschlüssen wie Höwenegg, Hohenstoffeln, Hohenhöven u.a. erhalten werden. Bei kleineren Vorkommen ohne ehemaligen Stein-

bruchbetrieb war es nur an einzelnen Stellen möglich, frisches Material zu gewinnen. Vereinzelte Vorkommen sind so stark verwittert, daß kein frisches Material gewonnen werden konnte.
Es sind durchschnittlich Proben von 20 kg aufbereitet worden, in manchen Fällen von 40-50 kg.

2.2. Anreicherungen einzelner Minerale

2.2.1. Einleitung

Das Gestein wird bis auf Faustgröße zertrümmert und darauf in einem Backenbrecher zerkleinert. Das zerkleinerte Material wird gesiebt und die anhaftenden Staubteilchen gewaschen. Der prozentuale Anteil an den einzelnen Kornfraktion ist im Durchschnitt folgender:

	2,0	mm	50 %	
1,2 -	2,0	mm	15 %	
0,6 -	1,2	mm	13 %	
0,4 -	0,6	mm	6 %	
0,2 -	0,4	mm	5 %	
0,125 -	0,2	mm	3 %	18 %
0,06 -	0,125	mm	3 %	
0,04 -	0,06	mm	1 %	
	0,04	mm	4 %	

Hiervon sind für die Gewinnung von Mineralkonzentraten nur die Fraktionen von 0,04 mm bis 0,6 mm geeignet. Man kann also nach der Zerkleinerung mit 18 % nur knapp den fünften Teil des Gesteins weiter verarbeiten.
Das Gestein hat einen Magnetitgehalt bis zu 10 %. Dieser Magnetit ist staubfein im Gestein verteilt. Man kann daher die Gesteinsbruchstücke mit einem Handmagneten leicht von den Mineralbruchstücken trennen. Hierbei erhält man für ein frisches Gestein in der Fraktion 0,6 - 1,2 mm an reinem Mineralekonzentrat einen Anteil von 0,1 %. Für die Fraktion 0,2 - 0,4 mm wächst der Anteil schon auf gut 1 %, in den folgenden kleineren Fraktionen nimmt der Anteil der Mineralbruchstücke stark zu und die Fraktion 0,04 - 0,06 mm

ist schon ein reines Gemisch einzelner Mineralkörner. Die Fraktion $< 40\,\mu$ wurde nur für das Material vom Höwenegg in folgende weitere Korngrößenfraktionen unterteilt: $13 - 40\,\mu$, $6 - 13\,\mu$, $2 - 6\,\mu$ und $< 2\,\mu$.
Diese Fraktionierung diente zur Bestimmung der Tonminerale und Zeolith . Sie war so wenig ergiebig, daß bei anderen Vorkommen von dieser Fraktionierung abgesehen wurde, denn alle Fraktionen bestehen aus mehreren Mineralen, und zwar hauptsächlich aus Pyroxen und Magnetit. Es sind also auf diese Weise keine monomineralischen Konzentrate erhalten worden.
Am besten geeignet für die Gewinnung von Mineraleinsprenglingen ist die Fraktion 0,2 - 0,4 mm. Will man ein Mineralekonzentrat dieser Fraktion von 1 g erhalten, so muß man ca. 2 kg Gestein aufbereiten. Will man jedoch 1 g Pyroxen-Einsprenglinge gewinnen (bei 5 % Pyroxen-Anteil am Mineralekonzentrat), so muß man schon 40 kg Gestein aufbereiten. Für die Wahl der Größe der Gesteinsprobe muß man also berücksichtigen, welche Minerale gewonnen werden sollen. Durchschnittlich wurden etwa 20 kg Gestein zerkleinert.
Die Mineralekonzentrate werden mit Schwereflüssigkeiten in einzelne Dichtefraktionen unterteilt. Es wurden folgende Schwereflüssigkeiten verwendet:
Cleici-Lösung (D>3,3), Methylenjodid (D=3,3), Tetrabromäthan (D=2,96), und Dibromäthan (D=2,18). Mischungen zwischen Methylenjodid und Tetrabromäthan sowie Tetrabromäthan und Dibromäthan ermöglichen weitere Unterteilung der Mineralekonzentrate in Dichtefraktionen. Eine Dichte bis zu 1,0 kann mit Gemischen von Bromoform (D=2,8) und Dimethylformamin (D=1,0) erreicht werden.
Mit verdünnter Salzsäure, stark verdünnter Natronlauge und Essigsäure wurden leicht lösliche Minerale aus den Konzentraten entfernt.
Zur Gewinnung leicht löslicher Minerale wurde ein Magnetscheider verwendet.

2.2.2. Gewinnung von Olivin

Relativ leicht kann der Olivin zu einem fast monomineralischen Konzentrat angereichert werden. Er wurde hauptsächlich aus den Korngrößenfraktionen 0,2 - 0,4 mm und 0,4 - 0,6 mm gewonnen, bei einigen Vorkommen auch aus der Fraktion 0,6 - 1,2 mm. Da die Dichte der Olivine bei ca. 3,35 liegt, wird er zusammen mit Pyroxen und Magnetit mit Methylenjodid abgetrennt. Zugleich hat man mit dieser Trennung die Gewähr, frischen Olivin in den Mineralekonzentraten zu haben. Aus dem jetzt schon 95 % Olivin enthaltenden Mineralekonzentrat wurde der Olivin durch Handauslese gewonnen.

2.2.3. Gewinnung von Pyroxen

Drei Pyroxene, die chemische Unterschiede erwarten ließen, wurden isoliert. Es sind ein brauner Einsprenglingspyroxen, ein brauner Grundmassepyroxen und ein grüner Einsprenglingspyroxen. Ihre Gewinnungsverfahren unterscheiden sich nur geringfügig voneinander.
Der braune sowie der grüne Einsprengling werden aus dem Olivinkonzentrat gewonnen. Das Olivinkonzentrat wird mit 1 - 2n HCl kurz aufgekocht. Die Olivine werden dabei teilweise gelöst. Sie umgeben sich mit einer weißen Gelschicht, die durch Kochen mit 1n NaOH weggelöst wird. Durch abwechselndes Kochen mit HCl und NaOH wird der Olivin aus dem Konzentrat entfernt. Man erhält, wenn man nicht mit zu hoch konzentrierter HCl und NaOH kocht, ein gut 90 %iges sauberes Pyroxenkonzentrat. Die Pyroxene sind sehr frisch und haben eine Dichte > 3,3. Durch Bestimmung der Lichtbrechung vor und nach der Behandlung wurde gesichert, daß durch diese Behandlung keine Veränderung der optischen Eigenschaften und somit der chemischen Zusammensetzung eintrat.
Die grünen Pyroxene sind wesentlich resistenter und können daher bei ihrer Gewinnung mit höher konzentrierter HCl und NaOH verkocht werden. Eine abschließende Handauslese ist jedoch nötig.

Der Grundmassepyroxen wird aus einem Mineralekonzentrat der Korngrößenfraktion 60 - 120 μ durch abwechselndes Kochen mit schwacher HCl und schwacher NaOH gewonnen. Nach zweimaligem Wechsel von HCl und NaOH ist der Olivin normalerweise aufgelöst. Da es sich nicht vermeiden läßt, daß die Pyroxene chemisch etwas angegriffen werden, wird das Konzentrat auf einem 40 μ Sieb gerieben und damit die angelöste äußere Schicht der Grundmassepyroxene beseitigt. Durch die folgende Trennung mit Methylenjodid wird sicher gestellt, daß nur frisches Material vorliegt. Das 98 - 100 %ige Pyroxenkonzentrat wird mit dem Magnetscheider nahezu vollständig von Spinellen und den übriggebliebenen Olivinresten befreit. Sollte sich bei der Überprüfung unter dem Binokular herausstellen, daß das Pyroxenkonzentrat noch zu stark verunreinigt ist, so müssen die oben angegebenen Verfahren wiederholt werden. Die Grundmassepyroxene dieser Konzentrate sind idiomorph. Eine geringe Verunreinigung durch Splitter von Einsprenglingspyroxenen ist jedoch nicht auszuschließen.

2.2.4. Gewinnung von Nephelin

In der Dichtefraktion 2,6 - 2,7 und Korngrößenfraktion 60 - 120 μ ist der Nephelin angereichert. Diese Fraktion wird wiederholt am Magnetscheider getrennt (bis zu 20 mal). Das Nephelinkonzentrat ist dann ca. 90 %ig. An Verunreinigungen sind Calcit, Zeolithe und der mit Pyroxen verwachsene Nephelin zu nennen. Der Calcit wird durch kurze Behandlung mit verdünnter Essigsäure aufgelöst. Die Zeolithe und der mit Pyroxen verwachsene Nephelin müssen per Handauslese entfernt werden. Es konnte daher nur einmal ein 100 %iges Nephelinkonzentrat hergestellt werden.

2.2.5. Gewinnung von Glas

Aus der Dichtefraktion 2,18 - 2,5 der Korngrößenfraktionen 60 - 120 μ und 120 - 200 μ wurde das Glas gewonnen. Diese Dichtefraktionen bestehen fast nur aus Glas und

Zeolithen. Die Zeolithe werden mit dem Magnetscheider abgetrennt. Auch hier ist abschließend eine Auslese per Hand notwendig.

2.2.6. Gewinnung von Spinell

Die Gesteinsbruchstücke der Fraktion 0,4 - 0,6 mm, d.h. also der magnetische Anteil dieser Fraktion, wurde mit 40 %iger Flußsäure behandelt. Dabei bildet sich ein voluminöser weißer Rückstand. Dieser besteht hauptsächlich aus Fluor-Silikaten, die mit HCl weggelöst werden müssen. Übrig bleibt dann ein Spinellkonzentrat. Das noch leicht verunreinigte Konzentrat konnte mit dem Magnetscheider gereinigt werden. Es muß mit destillierten Wasser gearbeitet werden, da sich sonst CaF_2 bildet. Spinellkonzentrate mit größeren Mengen CaF_2 wurden mit Titriplex II - Lösung gekocht, um CaF_2 zu beseitigen. Bei näherer Untersuchung der Spinellkonzentrate im Anschliff stellte sich heraus, daß bei dieser Art der Konzentrierung die Spinelle angeätzt werden. Es ist daher vorzuziehen, die Spinelle aus den Konzentraten der Grundmassepyroxene zu gewinnen. In diesen sind sie völlig frisch, die Anreicherung ist allerdings etwas umständlicher.

2.2.7. Gewinnung von Magnetit

Der Magnetit ist sehr feinkörnig und kann daher nur aus kleinen Kornfraktionen gewonnen werden. Eine deutliche Anreicherung ist erst in der Fraktion 40 - 60 möglich. Der magnetische Teil dieser Fraktion wird mit verdünnter HCl erwärmt und die Säure kurz vor dem Kochen dekantiert. Die Magnetitkörner werden dadurch von anderen Mineralen getrennt. Das Konzentrat wird nun auf Transparentpapier in dünnen Lagen aufgestrichen und mit dem Handmagneten getrennt. Die magnetische Trennung muß oftmals wiederholt werden. Bei sehr feinkörnigem Magnetit ist die Trennung nicht 100 %ig möglich. Auf diese Art konnten jedoch mehrere sehr reine Magnetitkonzentrate gewonnen werden.

2.3. Optische, chemische und röntgenographische Untersuchungen

Aus dem Untersuchungsgebiet wurden mehrere hundert Dünnschliffe untersucht und zum Teil integriert. Zur Integration der Grundmasse konnten nur Dünnschliffe unter 20 μ Dicke verwendet werden.
Die Brechungsindizes der einzelnen Minerale wurde mit der Immersionsmethode ermittelt, die opaken Minerale an Anschliffen untersucht.
Die meisten neuen Mineralanalysen fertigte Prof. Dr. E. Weibel aus Zürich an. Bei den Ni-Bestimmungen am Gestein und an verschiedenen Mineralen war cand min V. Stähle entscheidend behilflich. Die Analysensubstanzen wurden röntgenographisch untersucht und bei Mineralen optisch auf ihre Reinheit geprüft.
Die Röntgenaufnahmen wurden mit der Müller-Mikro 111 und einem Phillips-Zählrohrgoniometer durchgeführt. Neben Gesamtgesteinsproben und Mineralkonzentraten wurden Aufnahmen von allen analysierten Einzelmineralen aufgenommen. Bei sehr geringen Probenmengen sind Debey-Scherrer Aufnahmen gemacht worden.

3. Beschreibung der untersuchten Vorkommen des Melilith-Nephelinits.

In dem folgenden Abschnitt werden die untersuchten Vorkommen der Melilith-Nephelinite kurz beschrieben. Es werden alle Analysen zusammengestellt und alle Meßwerte an Mineralen mitgeteilt. In den späteren Abschnitten werden nur noch die Formeln der Minerale benutzt und die älteren Gesteinsanalysen, die einer kritischen Betrachtung standgehalten haben.

3.1. Höwenegg (S12)

Der Höwenegg liegt 2,5 km südlich von Immendingen. Morphologisch tritt er kaum in Erscheinung; nur von Süden aus gesehen, hebt er sich als breite Kuppe etwas von seiner

Umgebung ab.
Der Höwenegg wird von einer Anzahl einzelner Vorkommen gebildet (Nordwest-Krater, Schloßvulkan, Wiesensteigbruch, Hauptbruch, Burgstall, Wald-Krater) die alle zu einem Vulkan gehören. Der Hauptbruch, in dem als einzigen noch abgebaut wird, sitzt auf dem Hauptschlot. Die bearbeiteten Proben stammen aus diesem Bruch, da er das frischeste Material führt. Der Höwenegg ist neben dem Hohenstoffeln das am besten aufgeschlossene und größte basaltoide Vorkommen des Hegaus. So ist der Hauptbruch z.B. 200 m lang, 100 m breit und zwischen 60 - 70 m tief. Die Ausbildung von Basaltsäulung ist im ganzen Bruch erkennbar. Das dunkle basaltoide Gestein wird an manchen Stellen reichlich von grünlichen Adern durchzogen, die aus Calcit, Nontronit und einem saponitähnlichen Montmorinmineral bestehen. Fremdgesteins-Einschlüsse sind im jetzigen Abbaubereich nicht besonders häufig. Sie sind in den oberen Partien wesentlich häufiger gewesen. Es wurden vorwiegend Sandsteineinschlüsse gefunden, daneben kommen Tiefengesteinseinschlüsse vor. Olivincumulate sowie grünliche Schliere konnten beobachtet werden.
Petrographisch bearbeitet wurde der Höwenegg von H.MÖHL (1873), U.GRUBENMANN (1886), G.LEOPOLD (1940) und G.ZESCHKE (1956), geologisch von H.RECK (1923) und A.SCHREINER (1963).

Das Gestein setzt sich aus dem in folgenden Aufschlußbeschreibungen als normal bezeichneten Mineralbestand zusammen: Olivin, Pyroxen als Einsprengling und der Grundmasse mit Pyroxen, Melilith, Nephelin, Glas, Magnetit, Spinell, Perowskit, Biotit und Apatit. Dazu kommen die Kluftminerale Calcit, Aragonit, Chabasit, Analcim, Natrolith und Thomsonit sowie als Umwandlungsprodukt Nontronit, Kaolin und ein saponitähnliches Montmorinmineral.

<u>Olivin:</u> Der Fayalitgehalt beträgt 12,0 %.

$(Mg_{1,714}Fe_{0,248}Ca_{0,011}Mn_{0,004}Ni_{0,009}Al_{0,006})\ Si_{0,999}O_{4,000}$

$n_x = 1,658$, $n_y = 1,676$, $n_z = 1,694$

Klinopyroxen: Es konnten drei Klinopyroxene ausgeschieden werden, die in ihrer chemischen Zusammensetzung nur geringfügig voneinander abweichen.

1) brauner Einsprenglingspyroxen = Titan-Salit

$(Ca_{0,926}Na_{0,025})(Mg_{0,731}Fe_{0,087}Mn_{0,003})$
$(Fe_{0,118}Ti_{0,084}Al_{0,011})\ Al_{0,309}Si_{1,691}O_{6,000}$

Werte im Ca-Mg-Σ Fe - Dreieck: Ca 47,9, Mg 39,2, Σ Fe 12,9
n_x= 1,705, n_y= 1,717, n_z= 1,738

2) Grundmassepyroxen = Titan-Salit

$(Ca_{0,926}Na_{0,029})(Mg_{0,710}Fe_{0,100}Mn_{0,004})$
$(Fe_{0,109}Ti_{0,098}Al_{0,005})\ Al_{0,304}Si_{1,696}O_{6,000}$

Ca 48,2, Mg 38,5, Σ Fe 13,3
n_x= 1704, n_y1,713, n_z= 1,735

3) grüner Einsprenglingspyroxen = Cr-reicher Salit

$(Ca_{0,934}Na_{0,036})(Mg_{0,760}Fe_{0,130}Mn_{0,006})$
$(Fe_{0,067}Ti_{0,033}Al_{0,014})\ Al_{0,077}Si_{1,923}O_{6,000}$

Ca 49,0 ; Mg 39,6 ; Σ Fe 11,4
n_x= 1,688 ; n_y= 1,701 ; n_z= 1,718

Der Cr-reiche Salit ist ein selbständiges Mineral, er bildet also nicht die Kernzonen der Titan-Salite. Sein Gehalt an den Einsprenglingspyroxenen beträgt 7 %.

Melilith: n_o= 1,631 ; n_E= 1,627 ; er ist 1 achsig negativ.

Die Lichtbrechung entspricht einer chemischen Zusammensetzung in der Gehlenit-Na-Melilithreihe mit 44 Mol% Na-Melilith. Er ist sehr frisch und zeigt die normalen blauen Interferenzfarben. Er bildet mit Nephelin bisweilen Cumulate.

Nephelin: n_o= 1,544 ; n_E= 1,540 ; 1 achsig neg

Auffällig ist eine Streifung der Nepheline, die relativ

häufig beobachtet werden konnte. Sie ist wahrscheinlich ein Zeichen beginnender Zersetzung.

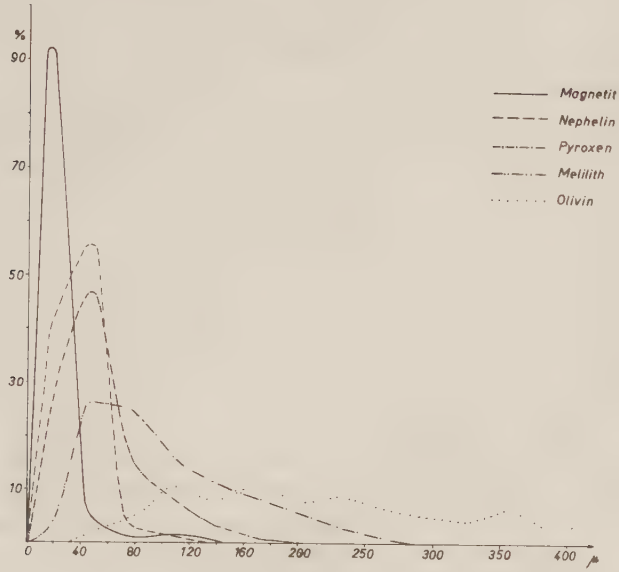

Fig. 2: Korngrößendiagramm

Glas: Die Gläser sind gewöhnlich zeolithisiert. Es treten hier alle die verschiedenen Typen auf, die später unter dem Abschnitt Glas beschrieben werden.

In den Fig. 2 und 3 sind die Längen der Minerale bzw. der Quotient Länge/Breite gegen die jeweiligen prozentualen Anteile der gewählten Einheiten aufgetragen. Es wurden durchschnittlich 300 Messungen gemacht.

Die verschiedenen Größen der einzelnen Minerale kommen in Fig. 2 sehr schön zum Ausdruck. Eindeutig gehören der Magnetit, der Nephelin und der größte Teil der Pyroxene zur Grundmasse ($< 100 \mu$). Benachteiligt werden die größeren Einsprenglinge, da sie zu selten sind. Die größeren Olivineinsprenglinge liegen zwischen 300μ und $2\,000 \mu$, die größeren Pyroxeneinsprenglinge zwischen 200μ und 500μ , wobei gelegentlich Werte bis über $1\,000 \mu$ erreicht werden.

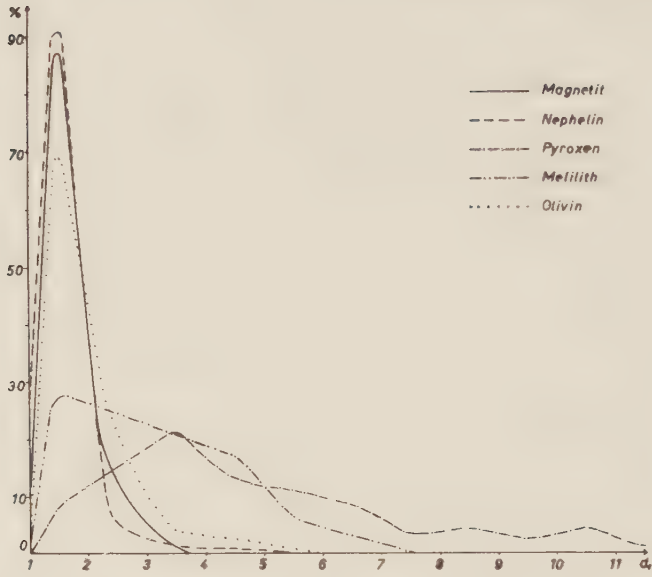

Fig. 3: Durchmesserverhältnisdiagramm

Aus der Fig. 3 geht hervor, daß der Magnetit, der Nephelin und z.T. auch der Olivin kugelförmig, quadratisch oder kurzprismatisch, die Pyroxene dagegen langstengengelig ausgebildet sind.
Über die Größe und die Durchmesserverhältnisse der wichtigsten Minerale wird bei der Besprechung der Einzelminerale noch genauer eingegangen.
Das Gestein hat lokal Schwankungen in seiner modalen Zusammensetzung. Es gibt z.B. Melilithschlieren mit einer starken Anreicherung von Melilith oder auch Nephelinschlieren mit Nephelinanreicherungen. An mehr als 100 Dünnschliffen wurde die Zusammensetzung mit dem jeweiligen prozentualen Anteil an Gemengteilen ermittelt. Nach Schätzungen an dem durchgearbeiteten Dünnschliffmaterial enthält das normale Gestein etwa 10 % "Melilithschliere" und 5 % "Nephelinschliere". Der modale Mineralbestand dieser drei

Typen ist in der Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1. Modaler Mineralbestand eines Durchschnittgesteins und schlieriger Gesteinspartien des Höwenegg

	normales Gest.	Melilith	Nephelin
Olivin	16,5	16,5	16,5
Einsprenglingspyr.	3,1	3,1	3,1
Grundmassepyr.	47,9	46,1	36,4
Melilith	3,7	12,9	4,9
Nephelin	16,0	12,4	31,6
Glas	5,3	1,9	2,4
opake Min.	6,9	6,6	4,5
Biotit	0,1	0,1	----
Perowskit	0,2	0,4	0,4
Calcit	0,3	---	0,3

In der Melilithschliere nimmt der Melilithgehalt auf das 3,5fache des normalen Gesteins zu, der Nephelin in der Nephelinschliere auf das Doppelte.
Ein einziges Mal konnte eine Melilithanhäufung mit Nephelin beobachtet werden, dessen modaler Mineralbestand folgender ist: 55 % Melilith, 25 % Nephelin, 6 % opake Minerale, 7 % Glas+Füllsel+Zersetzungsprodukte, 3 % Biotit, 1,5 % Perowskit und 2,5 % Pyroxen. In den Außenzonen nimmt der Melilithgehalt sprunghaft auf ca. 7 % Melilith ab. Hier mag es sich um einen Fall von Assimilation eines Kalkes durch das Magma handeln.
Der modale Mineralbestand des Höwenegg ergibt sich für ein Durchschnittsgestein aus den in Tabelle 1 angegebenen Daten. Er wird mit dem modalen Mineralbeständen, die von G.LEOPOLD (40), G.ZESCHKE (59) und LIPPOLT, GENTNER und WIMMENAUER (63) angegeben wurden, in der Tabelle 2 verglichen.

Tabelle 2. Modaler Mineralbestand vom Höwenegg

	eig.Werte	LEOPOLD	ZESCHKE	GENTNER	u.a.
Olivin	16,5	18	6-15	11	
Einspr.-Pyr.	3,1	4	50-60	43	
Grundmassepyr.	42,7	42			

	eig.Werte	LEOPOLD	ZESCHKE	GENTNER	u.a.
opake Min.	6,6	7	3-7	6	
Melilith	4,7	27	2-10	8	
Glas	6,0		selten	--	
Nephelin	20,4	2	3-7	32	+ Umwandl. Produkte
Perowskit	0,2	--	---	--	
Biotit	0,1	--	---	--	
Calcit	0,3	--	---	--	

Der Olivingehalt liegt nach den angegebenen modalen Mineralbeständen zwischen 11 % und 18 %. Für den Olivin ist dies ein relativ großer Bereich, da selbst im ganzen Untersuchungsgebiet keine größeren Schwankungen auftreten. Es sind also die einzelnen Vorkommen des Untersuchungsgebietes völlig identisch hinsichtlich ihres Olivingehaltes. Der Pyroxengehalt (Einsprenglinge+Grundmasse) dürfte etwa 45 % betragen. Auffällig ist der hohe Melilithgehalt sowie der niedrige Nephelingehalt, der von LEOPOLD angegeben wird. Dies spricht dafür, daß LEOPOLD eine Melilithschliere bearbeitet hat. Da seine Melilithwerte jedoch in allen von ihm untersuchten Vorkommen sehr hoch und die Nephelinwerte sehr niedrig sind, wird angenommen, daß LEOPOLD teilweise Nephelin als Melilith angesprochen hat. Der von mir ermittelte Melilithgehalt ist praktisch identisch mit den Werten von ZESCHKE und GENTNER u.a.. Er wird bestätigt durch quantitative Abschätzungen aus der Röntgenaufnahme einer gemittelten Probe und weiteren fünf Proben vom Höwenegg, die im Vergleich zur Melilithschliere vom Homboll keine Melilithgehalte über 10 % erwarten lassen.

In der Tabelle 3 sind alle bekannten Gesteins- und Mineralanalysen vom Höwenegg zusammengestellt. Bei den Gesteinanalysen fällt nur die von GRUBENMANN stark heraus, der sehr hohe TiO_2- und Cr_2O_3-Werte angibt. Da eine Umrechnung der Analyse unter Berücksichtigung der früher gemachten Fehler wenig Sinn hat, wird sie im Kapitel Chemismus nicht mehr angegeben. Die Mineralanalysen sind außer der von

TABELLE 3. Gesteins- und Mineralanalysen vom Höwenegg

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SiO_2	40,2	39,02	38,68	37,94	36,55	38,20	42,16	40,1	45,4	45,5	52,0	----	----	44,5
TiO_2	2,6	2,47	2,06	1,89	3,18	7,27	-----	----	3,0	3,5	1,2	----	----	0,5
Al_2O_3	10,7	9,21	9,47	10,04	8,14	9,16	-----	0,4	7,3	7,0	2,1	21,7	24,0	12,0
Cr_2O_3	----	0,15	0,11	0,14	0,17	3,01	-----	----	---	---	---	28,7	28,1	----
Fe_2O_3	3,9	5,04	6,42	7,11	5,57	6,12	-----	----	4,2	3,9	2,4	10,1	13,6	8,6
FeO	6,5	7,38	6,81	5,07	8,02	5,89	10,12	11,9	2,8	3,2	4,2	14,4	15,8	----
MnO	0,21	0,10	0,11	0,12	0,24	-----	------	0,17	0,10	0,12	0,18	----	11,5	0,05
MgO	14,0	15,97	15,68	15,26	14,01	14,69	47,88	46,2	13,2	12,8	13,8	10,7	----	7,9
CaO	13,9	13,46	12,72	14,31	16,65	9,93	0,32	0,4	23,2	23,2	23,6	----	----	5,4
Na_2O	3,1	1,89	2,07	2,16	1,72	3,44	----	----	0,35	0,4	0,5	----	----	0,5
K_2O	1,7	1,26	1,42	1,04	0,70	2,20	----	----	-----	----	0,1	----	----	1,3
P_2O_5	0,8	0,97	0,89	0,79	1,15	Spur	----	----	-----	----	----	----	----	0,10
CO_2	0,2	----	-----	----	0,31	Spur	----	----	-----	----	----	----	----	----
H_2O^+	2,1	2,07	2,49	3,13	2,91	----	----	0,3	0,4	0,1	----	----	----	----
H_2O^-	----	1,42	0,98	1,29	0,79	----	----	----	-----	----	----	----	----	-----
NiO	0,036	----	-----	----	-----	----	----	0,22	-----	----	----	----	----	-----
Rest	----	----	-----	----	----	-----	-----	----	-----	----	----	14,0	7,0	-----

1. Gesteinanalyse Hauptbruch, Anal. E.WEIBEL (67)
2. Gesteinanalyse Burgstall, Anal. W.WEISKIRCHNER (61)
3. Gesteinanalyse Wiesensteigbruch, Anal.W.WEISKIRCHNER (61)
4. Gesteinanalyse NW-Krater, Anal. W.WEISKIRCHNER (61)
5. Gesteinanalyse ----- , Anal. G.LEOPOLD (40)
6. Gesteinanalyse Burgstall, Anal. U.GRUBENMANN (26)
7. Olivinanalyse , Anal. W.WEISKIRCHNER (50)
8. Olivinanalyse, Anal. E.WEIBEL (67)
9. Titan-Salit-Einsprengling, Anal.E.WEIBEL (67)
10. " Grundmasse, Anal. E.WEIBEL (67)
11. Cr-reicher Salit, Anal. E.WEIBEL (68)
12. Spinell (SM), Anal. E.WEIBEL (67)
13. " (STM),Anal. E.WEIBEL (67)
14. Glas Anal. E.WEIBEL (67)

WEISKIRCHNER alle im Verlauf dieser Arbeit entstanden. Die Analysen 3 und 4 der Tabelle 3 von WEISKIRCHNER sind nicht veröffentlicht worden. Sie wurden 1961 angefertigt.

3.2. Neuhöven (S10)

Der Neuhöven, auch Stettener Schlößchen genannt, liegt 0,5 km nördlich von Stetten. Mit 869,1 m ist er der höchste Hegauberg, überragt seine Umgebung jedoch nicht besonders. Nach A.SCHREINER (66) besteht die Gipfelkuppe auf 180 m Länge und 80 m Breite aus dunklem Gestein. Einschlüsse sowie sonstige ins Auge fallende Besonderheiten konnten nicht beobachtet werden.

Das Gestein hat normalen Mineralbestand.

Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 11,0 %.

$n_x = 1{,}655$; $n_y = 1{,}674$; $n_z = 1{,}693$

Verhältnismäßig große Olivine sind häufig; so sind in der Fraktion 0,6 - 1,2 mm noch beachtliche Mengen vorhanden.

Klinopyroxen: Wie beim Höwenegg konnten auch hier drei Pyroxene ausgeschieden werden.

1) brauner Einsprenglingspyroxen

$n_x = 1{,}704$; $n_y = 1{,}716$; $n_z = 1{,}738$

2) Grundmassepyroxen

$n_x = 1{,}702$; $n_y = 1{,}710$; $n_z = 1{,}735$

3) grüner Einsprenglingspyroxen

Den grünen Pyroxen, der in der Fraktion 0,2-0,4 mm 60 % ausmacht, kann man nach seiner Farbe in dunkelgrüne und grasgrüne, die mit $n_x = 1{,}698$; $n_y = 1{,}708$; $n_z = 1{,}726$ optisch identisch sind, und eine lichtgrüne Varietät mit $n_x = 1{,}683$; $n_y = 1{,}693$; $n_z = 1{,}707$ unterteilen. Die lichtgrüne Varietät hat einen Anteil von 18 % an den grünen Pyroxenen.

Nephelin: $n_o = 1{,}545$; $n_E = 1{,}540$

Die Mol% Kaliophilit sind nach optischen Bestimmungen 27,5 , nach röntgenographischen Ergebnissen 34,9.

Biotit: $\frac{n_z+n_y}{2} = 1{,}674$, $2V = 20^\circ - 30^\circ$

Er ist stark angereichert in der Dichtefraktion 3,15 - 3,3 und hat eine rotbraune Farbe, die wahrscheinlich durch

Ti-Gehalt bedingt ist.
Das Gefüge des Gesteins ist dem vom Höwenegg sehr ähnlich.

Der modale Mineralbestand ist in der Tabelle 4 im Vergleich zu Leopolds Werten aufgeführt.

Tabelle 4. Modaler Mineralbestand vom Neuhöven

	eig.Werte	LEOPOLD
Olivin	14,9	14
Einspr.-Pyr.	1,3	}
Grundmassepyr.	36,9	} 45 + Glas
opake Min.	9,2	6
Melilith	7,8	34
Nephelin	16,4	1
Glas	12,6	--
Perowskit	0,7	--
Biotit	0,1	0,5
Mafitgehalt	71,0	--

Der Biotit mag in seinem Gehalt etwas höher liegen, der Perowskit etwas niedriger. Auf jeden Fall ist der Neuhöven nach den aufbereiteten Proben das biotitreichste Vorkommen. Die von LEOPOLD angegebenen Werte stimmen außer im Melilith- und Nephelingehalt (siehe Höwenegg) recht gut mit meinen Ergebnissen überein.
Auch hier handelt es sich um einen Melilith-Nephelinit.

In der Tabelle 5 sind die aus der Literatur bekannten Gesteinsanalysen vom Neuhöven zusammengestellt.

Tabelle 5. Gesteinsanalysen vom Neuhöven

	1	2	3
SiO_2	37,01	36,36	40,64
TiO_2	3,21	6,18	-----
Al_2O_3	8,71	11,67	9,57
Cr_2O_3	0,14	2,93	-----
Fe_2O_3	7,20	6,62	13,35
FeO	6,71	5,36	
MnO	-----	-----	1,10
MgO	14,83	13,58	11,47

	1	2	3
CaO	15,85	9,48	14,02
Na_2O	2,63	3,59	2,01
K_2O	1,84	3,74	0,74
P_2O_5	Spur	Spur	----
CO_2	----	Spur	----
H_2O^+	(1,78)	----	4,01
H_2O^-	0,06	----	----

1. Gesteinsanalyse, Anal. HEZNER, bei L.Erb 1931
2. " " , Anal. U.GRUBENMANN (86)
3. " " , Anal. GMELIN (1832)

Die Analyse von GRUBENMANN weist wie schon am Höwenegg viel zu hohe TiO_2- und Cr_2O_3-Werte auf. Sie wird wie auch die alte Analyse von GMELIN bei der weiteren Bearbeitung der Gesteinsanalysen im Kapitel Chemismus nicht berücksichtigt.

3.3. Schopfloch (S11)

Dieses Vorkommen ist nicht anstehend gefunden worden. Es besteht aus einer Ansammlung großer Blöcke. Das Vorkommen hat die Rechts- und Hochwerte $R^{34}83260$,$H^{53}05440$ und liegt auf Blatt Engen, mit der Bl.Nr. 8118. Morphologisch tritt es nicht in Erscheinung.
Das Gestein ist stark zersetzt. Es hat normalen Mineralbestand. Das Gefüge des basaltoiden Gesteins ist dem vom Höwenegg ähnlich, abweichend davon hat es jedoch sehr viele große Olivineinsprenglinge (>1 cm). Die Grundmassepyroxene sind durchschnittlich kleiner als beim Höwenegg. An Fremdgesteinseinschlüssen wurden Sandsteine gefunden.
Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 13,7 %.
n_x= 1,661 ; n_y= 1,680 ; n_z= 1,699

Klinopyroxen:
1) Der braune Einsprenglingspyroxen ist z.T. sehr groß (1 - 2 mm). n_y= 1,726
2) Grundmassepyroxen
n_x= 1,708 ; n_y= 1,715-1,722, ; n_z= 1,734

3) grüner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}706$
Sein Anteil an Einsprenglingspyroxenen beträgt 4 %.
Wegen des zersetzten Zustandes des Gesteins konnten nur die Einsprenglinge und die Grundmasse integriert werden. Es ergaben sich 21,6 % Olivin, 0,9 % Pyroxeneinsprengling und 77,5 % Grundmasse. Der Melilithgehalt ist, soweit erkennbar niedrig. Somit dürfte es sich auch hier nicht um einen Melilithit handeln.

3.4. Haslen (S9)

Rund zwei km nördlich von Watterdingen liegt ein kleines Tuffvorkommen, in dem auch anstehendes basaltoides Gestein erschürft werden konnte. Die Rechts- und Hochwerte dieser erschürften Stelle sind $R^{34}77\ 495\ \ H^{53}01\ 955$, Blatt Engen BL Nr. 8118. GRUBENMANN (86) traf zu seiner Zeit hier einen kleinen Steinbruch mit basaltoiden Gestein an, der jedoch von mir nicht mehr gefunden werden konnte. Nach SCHREINER (66) handelt es sich um eine kleine, inzwischen abgebaute "Basaltader innerhalb des "Basalttuffes. Wahrscheinlich ist das basaltoide Vorkommen nicht groß, daß es sich jedoch nur um einen Gang handeln soll, wird angezweifelt. Das Gestein hat normalen Mineralbestand, zusätzlich konnte in geringer Menge Pyrit gefunden werden. Große Olivineinsprenglinge (>1cm) sind häufig, ebenso Graniteinschlüsse und von Zeolithen erfüllte Hohlräume. In der Dichtefraktion 2,5 - 2,7 wurde häufig Quarz, ganz selten Plagioklas gefunden. Beide Minerale können nur aus Einschlüssen stammen.
Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 14,7 % der höchste der untersuchten Vorkommen. Die Brechungsindizes sind:
$n_x = 1{,}662$; $n_y = 1{,}682$; $n_z = 1{,}700$
Klinopyroxene:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}722$
2) Grundmassepyroxen: $n_y = 1{,}722 - 1{,}728$
3) grüner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}706$
Der grüne Pyroxen hat einen Anteil von 45 % an den Einsprenglingspyroxenen.

Das Gefüge ist dem vom Höwenegg ähnlich. An melilithreichen Stellen konnte eine Kornverkleinerung der Grundmassepyroxene festgestellt werden.
Die Tabelle 6 gibt den modalen Mineralbestand einer normalen frischen Gesteinsprobe und einer Probe aus dem Kontaktbereich zum Tuff an.

Tabelle 6. Modaler Mineralbestand vom Haslen

	normal		Kontakt	
Olivin	22,1		22,4	
Einspr.-Pyr.	0,6		0,9	
Grundmassepyr.	37,0		36,5	
Melilith	16,1		2,5	
Nephelin	0,9	17,4	9,4	24,8
Glas	16,5		15,4	
opake Min.	6,8		7,0	
Calcit	---		3,6	

Wesentliche Unterschiede zwischen den in obiger Tabelle angeführten Proben sind im Melilith und wohl auch im Nephelingehalt gegeben. Der Nephelingehalt dürfte im normalen Gestein sicherlich um einige Prozente höher liegen. Es zeigt sich jedoch deutlich die Tendenz, was im allgemeinen eigentlich überall beobachtet werden kann, z.B. auch in unmittelbarer Nähe von Einschlüssen, daß bei Annäherung an einen Kontakt der Nephelingehalt im Gestein zunimmt und der Melilithgehalt abnimmt.
Das Gestein sollte als Melilith-Nephelinit bezeichnet werden.

3.5. Hohenhöven (S8)

1,5 km südwestlich von Anselfingen liegt der Höhenhöven. Er ist ein in N-S Richtung gestreckter Berg, der besonders steil nach Osten und Süden abfällt und von dieser Seite morphologisch stark herauspräpariert erscheint. Das anstehende Gestein der Kuppe erfaßt eine Fläche von 400 m x 150 m.
Das Gestein hat den normalen Mineralbestand. Große Olivine (>1cm) sind selten. Vereinzelt kommen Nephelinschlieren vor.

Das Gestein ist auch in seinen frischesten Partien an Korngrenzen von gelblichem Nontronit u.a. Zersetzungsprodukten umgeben. Auch die Olivine zeigen häufig beginnende Zersetzung.

Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 13,3 %. Die Lichtbrechungsindizes sind $n_x = 1{,}659$; $n_y = 1{,}679$; $n_z = 1{,}699$.

Klinopyroxen:

1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}723$

2) Grundmassepyroxen

$n_x = 1{,}701$; $n_y = 1{,}720$; $n_z = 1{,}741$

Für n_y ergab sich eine Variationsbreite von 1,714 - 1,725 und zwar liegen hellbraune Varietäten nahe 1,714 und dunkelbraune nahe 1,725.

3) Der grüne Pyroxen hat ein $n_y = 1{,}705$. Sein Anteil an den Einsprenglingspyroxen beträgt 24 %.

Nephelin: $n_o = 1{,}544$; $n_E = 1{,}539$

Der optisch und röntgenographisch bestimmte Kaliophilitgehalt beträgt 24 Mol% bzw. 38 Mol%.

Der Melilith ist fast immer in Umwandlung begriffen und hat die blauen Interferenzfarben häufig schon verloren.

Die Gläser sind rekristallisiert und haben eine Lichtbrechung um 1,500.

Kornform und Korngröße der Minerale sind etwa mit denen der gleichen Minerale des Höwenegg vergleichbar; nur der Pyroxen fällt durch seine Größe auf.

In der Tabelle 7 wird der von mir ermittelte modale Mineralbestand mit dem vom LEOPOLD verglichen sowie der modale Mineralbestand der Nephelinschliere angeführt.

Tabelle 7. Modaler Mineralbestand vom Hohenhöven

	eig.Werte	LEOPOLD	Neph.-Schliere
Olivin	18,8	19	---
Einsprengl.-Pyr.	2,3	} 62	} 27,8
Grundmassepyr.	51,8		
Melilith	4,6	12	---
Nephelin	13,3	4	26,3
Glas	4,2	--	31,1
opake Min.	4,3	3	3,9
Calcit	0,4	--	5,5 (calcitisierte Zeolithe)

	eig.Werte	LEOPOLD	Neph.-Schliere
Biotit	0,3	Spur	---
Apatit	---	----	0,4
Zersetztes	---	----	5,0

Der von mir ermittelte modale Mineralbestand weicht wiederum im Melilith- und Nephelingehalt von dem von LEOPOLD stark ab. Die Nephelinschliere enthält kein Melilith und Olivin.

In der Tabelle 8 sind die aus der Literatur bekannten Gesteins- und Mineralanalysen vom Hohenhöven zusammengestellt worden.

Tabelle 8. Gesteins- und Mineralanalysen vom Hohenhöven

	1	2	3	4	5
SiO_2	38,86	38,87	47,103	37,200	45,19
TiO_2	2,40	4,79	----	----	3,12
Al_2O_3	9,58	11,94	11,905	7,933	12,76
Cr_2O_3	----	3,06	----	----	4,10
Fe_2O_3	7,02	4,02	16,653	18,400	8,40
FeO	4,34	6,00	----	----	----
MgO	15,60	15,24	1,355	4,333	11,74
CaO	12,54	10,87	8,900	16,600	14,37
Na_2O	3,28	2,59	2,920	0,483	1,35
K_2O	1,79	1,64	1,630	1,810	1,20
P_2O_5	0,55	Spur	1,200	0,673	----
CO_2	----	Spur	1,907	3,030	----
H_2O	3,75	----	6,604	7,400	----

1. Gesteinsanalyse, Anal. DITTRICH, bei (Erb (31)
2. " " , Anal. U.GRUBENMANN (86)
3. " " , Anal. SCHILL (1857)
4. " " , Anal. SCHILL (1857)
5. Pyroxenanalyse, Anal. U.GRUBENMANN (86)

Die Analyse von GRUBENMANN und die Analyse von SCHILL sind falsch und werden daher im Kapitel Chemismus nicht mehr berücksichtigt. Die Pyroxenanalyse von GRUBENMANN wird eingehend bei den Pyroxenen besprochen.

Die Nephelinschlieren sind an manchen Stellen recht häufig. Sie kommen hauptsächlich in der Gipfelregion vor. Es sind blockige, z.T. kugelige Absonderungen des Gesteins, die von unregelmäßigen, meist horizontalen, aber auch schrägen und senkrechten Lagen aus grobkörnigem, schwarzweiß gesprenkelten Nephelinschlieren durchadert werden, wie auch A.SCHREINER (66) sie treffend beschreibt. Nach ihm soll die Nephelinschliere stellenweise einen 1 - 2 m durchmessenden Kern aus dichtem feinkörnigem basaltoiden Gestein umgeben. Die Nephelinschliere ist der vom Hohenstoffeln sehr ähnlich im Gefüge wie im Mineralbestand. Die Pyroxene sind im Vergleich zu denen im basaltoiden Gestein sehr groß (um 2000μ). Im Vergleich zur Nephelinschliere vom Hohenstoffeln ist sie stärker zersetzt, hat wesentlich höheren Glasgehalt sowie weniger Zeolithe, die in den untersuchten Dünnschliffen ausnahmslos calcitisiert sind. Wollte man diese Schliere des basaltoiden Gesteins mit einem Gesteinsnamen belegen, so kann man sie nur als Nephelinit bezeichnen.

3.6. Schachen (S7)

Der Schachen liegt 3 km westlich von Welschingen, hat die Rechts- und Hochwerte $R^{34}79\ 865$ und $H^{52}98\ 310$ und liegt auf Bl.Engen, Bl.Nr. 8118. Als kleine Klippe bildet er den Top eines Bergrückens. Von A.SCHREINER (66) wird er als Basaltschlot mit 30 m Durchmesser angegeben. Das Gestein ist besonders an der Wetterseite tief verwittert. Da die Einsprenglinge bevorzugt herauswittern, ist das Gestein an diesen Stellen löcherig-porös.
Das Gestein hat normalen Mineralbestand. Zusätzlich konnte Pyrit gefunden werden. Größere Einsprenglinge von Olivin (>1cm) sind selten. Kleinere Sandstein-Einschlüsse wurden gefunden.

Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 13,3 %

$n_x = 1{,}660$; $n_y = 1{,}679$; $n_z = 1{,}698$

Klinopyroxen:

1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}717 - 1{,}730$

Auffällig ist die große Variationsbreite der Einsprenglingspyroxene. Ob sich hier der Einfluß der Verwitterung geltend macht, ist fraglich. Stärkerer Zonarbau als gewöhnlich konnte nicht beobachtet werden.
2) Grundmassepyroxene: n_y= 1,714 - 1,723.
3) Grüner Pyroxen konnte nicht gefunden werden. Der Melilith ist häufig zersetzt. Der Nephelin ist in den Nephelinkonzentraten selten, Quarz kommt häufig vor.
Im wesentlichen ist das Gestein dem vom Höwenegg im Gefüge und in der Korngröße gleich. Die melilithreichen Partien werden jedoch von sehr langstengeligen Anschnitten der Melilithe beherrscht und die Grundmassepyroxene, die in diesen Partien kleiner sind als gewöhnlich, sind nicht mehr strukturbestimmend.
In der Tabelle 9 wird der modale Mineralbestand vom Schachen angegeben.
Tabelle 9. Modaler Mineralbestand vom Schachen

Olivin	19,3	opake Min.	8,1
Einspr.-Pyr.	0,5	Perowskit	0,4
Grundmassepyr.	41,9	Biotit	0,1
Melilith	7,7	Mafitgehalt	78,0
Nephelin + Glas	22,0		

Die bearbeiteten Schliffe waren sehr dünn und daher eine Trennung von Glas und Nephelin nicht mehr möglich. Das Gestein unterscheidet sich von den bisher beschriebenen nur unwesentlich.
Es ist ebenfalls ein Melilith-Nephelinit.

3.7. Hohenstoffeln (S6)

Der Hohenstoffeln ist neben dem Höwenegg das größte Vorkommen basaltoiden Gesteins im Hegau. Er liegt 1,5 km südwestlich von Weiterdingen. Man hat hier ungefähr einen 70 m hohen Aufriß des Gesteins. Säulenbildung ist ausgeprägt. Die Säulen sind senkrecht zum Kontakt ausgerichtet, so verlaufen der größte Teil der Säulen im Aufschluß von rechts

unten nach links oben, in der Gipfelregion stehen sie jedoch senkrecht.
Das Gestein hat den normalen Mineralbestand. Besonders auffallend sind größere Nephelinschlieren, die das Gestein durchsetzen. Brocken einer besonders großen Schliere (mindestens 30 cm Durchmesser) konnten auf der Halde am Westende des Steinbruches gefunden werden.
Das Gestein ist einschlußreich, es sind jedoch nur wenige Gesteinstypen des durchbrochenen Deckgebirges vertreten. Hauptsächlich sind es granitische Einschlüsse, daneben viele analcimreiche glasige Knollen.
Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 13,7 ein durchschnittlicher. Die Brechungsindizes sind:

$n_x = 1{,}661$; $n_y = 1{,}680$; $n_z = 1{,}699$

Klinopyroxen:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}725$
2) Grundmassepyroxen: $n_x = 1{,}709$; $n_y = 1{,}725 - 1{,}728$ $n_z = 1{,}744$. Der Grundmassepyroxen wurde analysiert.

$$(K_{0,002}Na_{0,030}Ca_{0,952})\ (Mg_{0,699}Mn_{0,003}Fe_{0,092})$$
$$(Fe_{0,125}Ti_{0,095})\ Al_{0,298}Si_{1,702}O_{6,000}$$

3) grüner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}700$
Der Anteil der grünen Pyroxene an den Einsprenglingspyroxenen ist 5 %.
Nephelin: Die Brechungsindizes sind $n_o = 1{,}544$ und $n_E = 1{,}540$. Dies entspricht einem Kp-Gehalt von 24 %. Röntgenographisch wurden 31,0 Mol% Kp ermittelt.
Melilith: Der Melilith kommt z.T. in sehr großen Exemplaren vor (bis zu 600 μ). Besonders häufig und ausgeprägt sind die durch Pyroxenmikrolitheinlagerungen erzeugten Sanduhrstrukturen (Siehe Abb. 6). Von den Brechungsindizes wurde n_o mit 1,633 bestimmt.
Der Magnetit wurde analysiert.

$$(Fe_{0,731}Mg_{0,338})\ (Fe_{0,536}Cr_{0,131}Al_{0,897}Ti_{0,286})O_{4,000}$$

Er ist sehr grobkörnig und konnte aus der Fraktion 60 - 125 μ gewonnen werden.
Die Zeolithe sind die gleichen wie die am Höwenegg.

Die Korngrößen der Minerale entsprechen denen vom Höwenegg. Bisweilen gibt es im Gestein Partien, in denen der Grundmassepyroxen grobkörniger als gewöhnlich ist. Die Grobkörnigkeit des Hohenhöven wird dabei jedoch nicht erreicht.

In der Tabelle 10 wird der von mir ermittelte modale Mineralbestand mit dem vom LEOPOLD verglichen sowie der modale Mineralbestand der Nephelinschliere angeführt.

Tabelle 10. Modaler Mineralbestand vom Hohenstoffeln

	eig.Werte	LEOPOLD	Nephelinschliere
Olivin	18,0	24,0	----
Einspr.-Pyr.	3,6	} 38	} 30,0
Grundmassepyr.	36,2		
Melilith	7,8	32	----
Nephelin	18,7	wenig	32,5
Glas	7,1	--	15,4+Analcim
opake Min.	7,7	6	3,5
Perowskit	0,3	--	---
Biotit	0,3	--	---
Apatit	0,1	--	1,5
Calcit	0,2	--	4,4
Zeolithe	---	--	12,7

Rechnet man den Melilith-, Nephelin- und Glasgehalt zusammen, so erhält man einen Wert von knapp 34 %, was den 32 % für Melilith, die von LEOPOLD angegeben werden, entsprechen würde. LEOPOLD hat kein Glas angegeben und Nephelin zum Melilith geschlagen. Es dürfte also ziemlich sicher sein, daß LEOPOLD Melilith, Nephelin und Glas zusammen als Melilith integriert hat, d.h. also alle farblosen Partien der Dünnschliffe als Melilith angesprochen hat.
Das Gestein ist ebenfalls ein Melilith-Nephelinit.
In der Tabelle 11 sind alle bekannten Gesteins- und Mineralanalysen vom Hohenstoffeln zusammengestellt.

Tabelle 11. Gesteins- und Mineralanalysen vom Hohenstoffeln

	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	38,45	34,64	45,0	----	46,0	40,0	35,56
TiO_2	2,97	2,97	3,4	12,0	3,5	----	8,03
Al_2O_3	9,87	13,02	6,7	23,5	6,1	27,1	11,25
Cr_2O_3	0,14	-----	----	5,1	----	----	2,66
Fe_2O_3	5,14	5,58	4,5	22,0	3,7	1,1	6,62
FeO	6,82	3,08	2,9	27,0	4,3	----	6,67
MnO	0,19	0,25	0,09	----	0,17	----	----
MgO	14,82	7,04	12,4	7,0	11,5	----	14,68
CaO	14,43	15,47	23,5	----	23,2	4,2	8,99
Na_2O	3,19	5,06	0,4	----	0,5	11,1	3,86
K_2O	1,33	2,28	0,05	----	0,05	7,0	1,75
P_2O_5	0,86	1,20	-----	----	-----	----	Spur
CO_2	0,02	4,30	-----	----	-----	3,2	----
H_2O+	1,51	2,70	0,5	----	0,5	5,3	----
H_2O^-	0,64	1,46	-----	----	-----	----	----
R.St.	----	----	-----	2,5	-----	----	----

1. Gesteinsanalyse, Anal. SCHINZINGER, bei LEOPOLD (40)
2. Einschluß, Anal. SCHINZINGER bei L.ERB (31)
3. Pyroxenanalyse, Anal. E.WEIBEL (67)
4. Magnetitanalyse, Anal. E.WEIBEL (68)
5. Pyroxenanalyse, Anal. E.WEIBEL, Nephelinschliere (68)
6. Nephelinanalyse, Anal. E.WEIBEL, Nephelinschliere (68)
7. Gesteinsanalyse, Anal. U.GRUBENMANN, Stoffeler Hof (86)

Die als Einschluß bezeichneten Analyse von SCHINZINGER (Nr. 2) hat Ähnlichkeit mit einer theoretisch errechneten Analyse der Nephelinschliere. Es wäre also möglich, daß es sich um eine Analyse der Nephelinschliere handelt. Die Gesteinsanalyse vom Stoffeler Hof von U.GRUBENMANN ist falsch. Sie wird im Kapitel Chemismus nicht berücksichtigt.

Von kleinen, aber auch großen Schlieren wird das Gestein an manchen Stellen durchzogen. Diese Beobachtung konnte

leider nur an herumliegenden basaltoiden Blöcken gemacht werden. Somit kann die Lage der Nephelinschlieren im Gestein nicht genau angegeben werden.

Der Mineralbestand der Nephelinschliere setzt sich zusammen aus: Nephelin, Pyroxen, Glas, Magnetit, Apatit, Calcit, Nontronit, Analcim u.a. Zeolithen(Natrolith und Thomsonit) sowie Perowskit.

Klinopyroxen: = Titan-Salit

Der Pyroxen ist braunrot, in großen Exemplaren schwarz undurchsichtig. Er hat die Brechungsindizes $n_y = 1{,}720\text{-}1{,}726$

Er wurde analysiert.

$$Na_{0,037}Ca_{0,940})\ (Mg_{0,649}Mn_{0,005}Fe_{0,136})$$
$$(Fe_{0,105}Ti_{0,100}Al_{0,014})\ (Al_{0,258}Si_{1,742})O_{6,000}$$

Der Ti- und der Fe-Gehalt ist höher als bei den Pyroxenen des Gesteins.

Ein grüner Pyroxen ist vorhanden, jedoch selten. (ca. 1%). Der Brechungsindex ist $n_y = 1{,}727$. Er ist damit sogar ein wenig höher als der braune Pyroxen.

Nephelin: Der Nephelin ist z.T. sehr frisch. An manchen Körnern konnte jedoch beginnende Zeolithisierung beobachtet werden. Der Nephelin wurde analysiert. Es ergibt sich folgende Formel:

$$K_{0,247}Na_{0,595}Ca_{0,004}\square_{0,154}(Al_{0,884}Fe_{0,023}Si_{1,108}O_{4,000})$$

Die Brechungsindizes sind $n_o = 1{,}546$ und $n_E = 1{,}541$ und entsprechen einem Kaliophilitgehalt von 31,0 Mol%. Aus der Analyse wurden 29,2 Mol% Kaliophilit errechnet.

Apatit: Der Apatit ist farblos bis hellgelb, ist langstengelig und hat die Brechungsindizes $n_o = 1{,}638$ und $n_E = 1{,}635$. Es dürfte sich um einen Fluorapatit handeln. Bisweilen kommt er als Einschluß im Pyroxen vor.

Das Glas zeigt Kontraktionsrisse, und nimmt die Form gerundeter Körner an. Auf den Rissen beginnt die Zersetzung.

Das Gefüge ist doleritisch. Die Pyroxene haben ein Maximum bei 700 μ, ein weiteres bei 2000 μ, während die größten Exemplare eine Länge bis zu 5000 μ erreichen.

Der modale Mineralbestand ist in Tabelle 10 angegeben.

Die Zeolithe sind wahrscheinlich anchimetamorph. In den basaltoiden Gesteinen konnten keine primären Zeolithe beobachtet werden. Ein wesentlicher Teil des integrierten Glases sollte Analcim sein.
Nach dem modalen Mineralbestand kann man die Nephelinschliere als Nephelinit bezeichnen.

3.7.1. Stoffeler Hof (S6a)

Ein kleiner verfallener Steinbruch, ca. 500 m südlich vom Hohenstoffeln gelegen ($R^{34}81\ 225 : H^{52}94\ 800$), wurde an Hand einiger Dünnschliffe untersucht.
Der Mineralbestand ist normal. Die einzelnen Minerale dürften im Chemismus denen vom Hohenstoffeln sehr ähnlich sein. Die Melilithe zeigen ebenfalls die Sanduhrstruktur aus Pyroxenmikrolithen, und zwar so ausgeprägt, wie sie nur am Hohenstoffeln beobachtet werden konnte.
Das Gefüge ist dem vom Hohenstoffeln gleich.
Der modale Mineralbestand ist folgender: 17,5 Olivin, 1,7 Einsprenglingspyroxen, 41,9 Grundmassepyroxen, 47,5 Nephelin, 15,0 Melilith, 10,1 opake Minerale, 5,9 Glas, 0,3 Perowskit, 0,1 Apatit.
Diese nur aus wenigen Dünnschliffen erzielten Werte sind natürlich nicht ausreichend, sie zeigen jedoch, daß der Melilithgehalt stärkeren Schwankungen unterlegen ist. Der erzielte Wert von 15,0 % Melilith wurde in keinem Dünnschliff vom Hohenstoffeln erreicht.

3.8. Sennhof (S5)

Das Vorkommen ist ein vollkommen zugewachsener Steinbruch, der knapp 1 km südlich vom Hohenstoffeln liegt, und die Rechts- und Hochwerte $R^{34}81715$, $H^{52}94\ 575$ Bl.Gotmadingen, Bl.Nr. 8218 hat. Es liegt am Hang und tritt morphologisch nicht in Erscheinung.
Das Gestein hat normalen Mineralbestand. Einige kleinere Einschlüsse kommen vor, darunter ein Graniteinschluß und einige Sandsteineinschlüsse.

Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 13,7 %.
n_x= 1,660 ; n_y= 1,680 ; n_z= 1,699

Klinopyroxen:

1) brauner Einsprenglingspyroxen: n_y= 1,734 - 1,740
2) Grundmassepyroxen: n_y= 1,725.
3) Die grünen Einsprenglingspyroxene sind selten.

In den Nephelinkonzentraten wurde vorwiegend Quarz gefunden. Er dürfte Einschlüssen entstammen.
Das Gefüge ist dem vom Hohenstoffeln ähnlich.
Das Gestein ist stark zersetzt und konnte daher nur teilweise integriert werden. Der modale Mineralbestand ist folgender: 16,8 Olivin, 1,8 Einsprenglingspyroxen, 38,2 Grundmassepyroxen, 13,1 Melilith, 6,9 Magnetit, davon 0,15 Spinell, 23,2 Zersetztes.
Der Mellilithgehalt ist relativ hoch. Die 30 % Melilith, die von LEOPOLD angegeben werden, können jedoch nicht bestätigt werden. Es dürfte sich also um das gleiche Gestein wie am Hohenstoffeln handeln, nämlich um einen Melilith-Nephelinit.

3.9. Homboll (S4)

150 m westlich vom Hof Homboll erhebt sich ein kegelförmiger Berg, der hauptsächlich aus Tuff besteht. An seiner Südseite ist ein kleiner Steinbruch im Tuff, in dem basaltoide Bomben sowie nahe der Basis größere basaltoide Blöcke liegen. Am Fuß der Nordseite dieses Tuffkegels erhebt sich aus ebenen Wiesengelände eine etwa 60 m lange und 20 m breite Kuppe, aus der an verschiedenen Stellen basaltoides Gestein zu Tage tritt. Das zuletzt genannte Vorkommen wurde hauptsächlich bearbeitet, weil hier das Gestein am frischesten ist. Es konnte eine größere Mellilithschliere mit Hilfe von Dünnschliffen erkannt und in ihrer Größe fixiert werden.
Das basaltoide Gestein an der Südseite und an der Nordseite des Tuffkegels (außer der Mellilithschliere) sowie die Basaltbomben zeigen normalen Mineralbestand, haben jedoch verschiedenen Mellilithgehalt.

Einschlüsse sind selten, es konnte lediglich ein Quarzit-einschluß gefunden werden, Drusenausfüllungen mit Opal wurden ebenfalls beobachtet.

Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 11,0 % einer der niedrigsten des Hegaugebietes. Die Lichtbrechungsindizes sind: $n_x = 1{,}657$; $n_y = 1{,}675$; $n_z = 1{,}694$

Klinopyroxen:

1) brauner Pyroxeneinsprengling: $n_y = 1{,}717 - 1{,}723$
2) Grundmassepyroxen: $n_x = 1{,}712$; $n_y = 1{,}727 - 1{,}734$
   $n_z = 1{,}748$
3) Der grüne Pyroxeneinsprengling ist selten.

Im Nephelinkonzentrat wurde vorwiegend Quarz gefunden, der Nephelin ist relativ selten.

Die Korngrößen des normalen Gesteins sind denen vom Hohenstoffeln ähnlich, während die Grundmasse der Melilith-Nephelinitbombe wesentlich feinkörniger ist.

Der modale Mineralbestand der beiden Vorkommen am Nordfuß und am Südfuß des Tuffkegels sowie der einer Melilith-Nephe-

Tabelle 12. Modaler Mineralbestand vom Homboll

	1	2	3	4	5
Olivin	17,2	19,2	19,5	18	20,0
Einspr.-Pyr.	8,2	3,8	4,3	21	5,9
Melilith	12,9	8,0	4,9	11	24,2
Grundmassepyr.	35,6		41,0	42	11,6
Glas	7,6		19,0		2,6
Nephelin	9,0	69,0		2	0,4
Magnetit	9,3		11,1	6	9,0
Perowskit	---		0,2	--	0,6
Calcit	---		---	--	0,1
Zersetztes	---		---	--	25,6
Farbzahl	83,4		81,0	--	71,4

1. Vorkommen am Nordfuß des Tuffkegels
2. Vorkommen am Südfuß des Tuffkegels
3. Melilith-Nephelinitbombe aus dem Tuff
4. Integrierte Werte von G.LEOPOLD
5. Melilithschliere

linithbombe wird mit den Werten von LEOPOLD in Tabelle 12 verglichen. Die Werte der Melilithschliere werden ebenfalls angeführt.
Die Grundmasse des Vorkommens vom Südfuß konnte nicht integriert werden, da keine geeigneten Dünnschliffe vorlagen. Auffällig ist der Pyroxeneinsprenglingsgehalt am Nordfuß, ebenso der hohe Wert von 21 %, den LEOPOLD angibt. Sein Melilithwert stimmt mit dem von mir ermittelten überein, während der von ihm angegebene Pyroxengehalt (Einsprenglinge + Grundmasse) zu hoch liegen dürfte. Der hohe Melilithgehalt in der Melilithschliere kommt eindeutig auf Kosten des Grundmassepyroxens zustande; außerdem ist auch der Nephelingehalt sehr niedrig. Nach dem modalen Mineralbestand ist das normale Gestein ein Melilith-Nephelinit, während die Melilithschliere als Melilithit bezeichnet werden könnte.
In der Tabelle 13 sind die bekannten Gesteinsanalysen vom Homboll aufgeführt.

Tabelle 13. Gesteinsanalysen vom Homboll

	1	2
SiO_2	38,2	37,19
TiO_2	2,6	1,94
Al_2O_3	9,9	9,83
Cr_2O_3	---	0,06
Fe_2O_3	5,4	8,31
FeO	5,4	4,88
MnO	0,20	0,15
MgO	12,3	14,84
CaO	15,1	13,24
Na_2O	2,0	3,02
K_2O	1,0	2,32
P_2O_5	0,85	0,68
CO_2	2,0	----
H_2O^+	5,0	3,47
H_2O^-	---	0,71
NiO	0,045	----

1. Gesteinsanalyse, Anal. E.WEIBEL (67)
2. Gesteinsanalyse, Anal. W.WEISKIRCHNER (61)

Die Gesteinsanalyse von E.WEIBEL wurde von einer nicht ganz frischen Probe gemacht wie auch die hohen CO_2- und H_2O-Werte vermuten lassen. Beide Analysen werden jedoch bei späterer Bearbeitung im Kapitel Chemismus berücksichtigt.

3.9.1. Melilithschliere vom Homboll

Eine Besonderheit dieses Vorkommens ist eine Melilithschliere im makroskopischen Bereich (sonst wurden sie nur im mikroskopischen beobachtet). Die Melilithschliere konnte an Hand von Dünnschliffen auf einer Fläche von ca. 7 x 5 m verfolgt werden. Das charakteristische dieser Melilithschliere ist der geringe Pyroxengehalt sowie eine dunkelbraune Füllmasse, die in den Zwickeln der Melilithleisten sitzt. Die Lichtbrechung der Füllmasse liegt um n=1,56. Es dürfte sich um monmorillonitisiertes Glas handeln, das bisweilen von nadeligen schwarzen Kristallen durchspickt ist, die tannenbaumartige Formen annehmen oder sagenitartige Gitter bilden. Es ist möglich, daß es sich bei diesen Gebilden um Rutil handelt.
Die Melilithe sind sehr frisch. Es herrschen kurzstengelige Formen vor, also mehr Dicktafeligkeit. Sie sind meistens scharf begrenzt und heben sich von der Grundmasse deutlich ab. Basisschnitte beobachtet man oft. Sie sind häufig quadratisch, manchmal achteckig. Einschlüsse von Pyroxenmikrolithen sind vorhanden, Sanduhrstrukturen wie am Hohenstoffeln kommen jedoch nicht vor. Die Lichtbrechung ist für n_o=1,633. Perowskit, auch in anderen Vorkommen nicht selten, ist relativ groß und häufig.
Ein Netzwerk von Grundmassepyroxenen exixtiert nicht, meistens erreichen sie ähnliche Größen wie die Melilithe.
Das Gefüge wird durch die ungeregelt gelagerten Melilithlängsschnitte geprägt. Es ist also nicht ein feines verwobenes Netzwerk wie bei den Grundmassepyroxen, sondern mehr ein lockeres grobkörniges Gefüge.
Ein Gehalt von rund 25 % Melilith wirkt sich sehr prägnant auf das Gesamtbild des Gesteins aus. Der Melilith beherrscht

das Dünnschliffbild und man hat den Eindruck, daß er mindestens 50 Vol% vom Gestein ausmacht.
Der modale Mineralbestand der Melilithschliere ist in Tabelle 12 angegeben. Das dort mit 25,6 % angegebene "Zersetzte" dürfte hauptsächlich montmorillonitisiertes Glas sein.

3.10. Pfaffwiesen Nord (S3)

Das Vorkommen liegt 200 m nordwestlich vom Hof Pfaffwiesen, hat die Rechts- und Hochwerte $R^{34}81\ 575$, $H^{52}93\ 390$ und liegt auf Blatt Godmadingen, Bl.Nr. 8218.
Der Pfaffwiesen Nord soll früher ein 10 m hoher Gesteinsklotz gewesen sein. Er ist jedoch vollkommen abgebaut worden, denn heute findet man an seiner Stelle nur noch aufgewühlte Bodenvertiefungen, in denen Gesteinsbruchstücke verstreut herumliegen.
Der Mineralbestand des Gesteins ist normal. Größere Olivineinsprenglinge sind selten. (>1cm). Einschlüsse wurden nicht gefunden.
Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 14,2 % einer der höchsten im Hegau.

$n_x = 1{,}662$; $n_y = 1{,}681$; $n_z = 1{,}700$

Klinopyroxen:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}736$
2) Grundmassepyroxen: $n_y = 1{,}710$

Die Einsprenglings- und Grundmassepyroxene sind in der Lichtbrechung deutlich voneinander unterschieden, was bei den meisten anderen Vorkommen nicht der Fall ist.
3) grüner Pyroxen: $n_y = 1{,}716 - 1{,}721$
Sein Anteil an den Einsprenglingspyroxenen ist 18 %.
Nephelin: $n_o = 1{,}543$; $n_E = 1{,}537$
Der optisch und der röntgenographisch bestimmte Kaliophilitgehalt ist 20,5 Mol% bzw. 30,2 Mol%. Der Nephelin ist verhältnismäßig frisch trotz des z.T. stark zersetzten Gesteins.
Der Melilith ist meistens stark zersetzt.
Das Gefüge ist dem vom Hohenstoffeln ähnlich. An Stellen, an denen der Melilith angehäuft ist, bestimmen diese das

Gefüge. Die Grundmassepyroxene sind in solchen melilithreichen Partien kleiner als gewöhnlich.
Der modale Mineralbestand wird mit dem von LEOPOLD angegebenen in der Tabelle 14 verglichen.

Tabelle 14. Modaler Mineralbestand vom Pfaffwiesen Nord

	1	2		1	2
Olivin	21,5	19	Magnetit	7,4	4
Einspr.-Pyr.	2,6	} 39	Perowskit	0,4	--
Grundmassepyr.	35,5		Biotit	0,1	Sp.
Melilith	10,8	29	Farbzahl	78,4	91
Nephelin	21,6	9			
Glas					

1. eigene Werte, 2. Werte von LEOPOLD

Der von LEOPOLD angegebene Melilithgehalt dürfte wesentlich zu hoch sein, sein Nephelin+Glas-Wert zu niedrig (siehe schon behandelte Vorkommen). Das Gestein unterscheidet sich von den bisher besprochenen kaum und ist ein Melilith-Nephelinit.

3.11. Paffwiesen Süd (S2)

Das Vorkommen liegt 150 m südwestlich vom Hof Pfaffwiesen und hat die Rechts- und Hochwerte $R^{34}81\ 535$, $H^{52}93\ 070$ (Bl.Godmadingen, Bl.Nr. 8218). Der Pfaffwiesen Süd ist eine kleine, sehr flache von Strauchwerk bewachsene Kuppe. Nur an einigen Stellen tritt das stark verwitterte Gestein zu Tage.
Das Gestein hat normalen Mineralbestand. Auffällig ist eine starke Calcitisierung des gesamten Gesteins. Große Olivineinsprenglinge (>1 cm) sind häufig. Ein Sandsteineinschluß wurde gefunden.
Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 14,7 einer der höchsten im Hegau.

$n_x = 1{,}662$; $n_y = 1{,}682$; $n_z = 1{,}700$

Klinopyroxen:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}725 - 1{,}731$
2) Grundmassepyroxen: $n_y = 1{,}717 - 1{,}724$

3) Der grüne Pyroxen hat 4 % Anteil am Einsprenglingspyroxen. Eine dunkle Varietät wurde mit n_y= 1,721 und eine helle mit n_y= 1,690 gemessen.
Das Gefüge scheint den gröberen Partien von Hohenstoffeln ähnlich zu sein.
Das Gestein ist stark zersetzt und es konnten daher nur die Einsprenglinge und die Grundmasse integriert werden: 19,5 Olivin, 6,9 Einsprenglingspyroxen, 73,6 Grundmasse. Auffällig ist der sehr hohe Pyroxeneinsprenglingsgehalt. Ähnliche Werte wurden nur am Homboll erzielt, gewöhnlich liegen sie wesentlich niedriger.
Der Melilithgehalt dürfte nicht über 10 % betragen; LEOPOLD gibt 15 % an. Es sollte sich hier ebenfalls um einen Melilith-Nephelinit handeln.

3.12. Riedheim (S1)

0,5 km nordöstlich von Riedheim erstreckt sich in N-S Richtung ein 350 m langes und ca. 10 - 20 m breites Vorkommen mit vulkanischem Material. Basaltoides Gestein konnte nur im offen gelassenen Steinbruch am Südende des Vorkommens ($R^{34}81\ 640$; $H^{52}92\ 175$) gefunden werden. Es wird von Tuff umgeben, der auch überall entlang der vulkanischen Spalte gefunden wird. Es darf angenommen werden, daß sich das Gestein entlang des ganzen Vorkommens unter dem Tuff befindet.
Der Mineralbestand des Gesteins ist normal. Sehr große Olivineinsprenglinge (>1 cm) sind häufig.
Olivin: Der Fayalitgehalt beträgt 14,2 %.

n_x= 1,662 ; n_y= 1,681 ; n_z= 1,699

Klinopyroxen:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: n_y= 1,715 - 1,725
2) Grundmassepyroxen: n_y= 1,718 - 1,723
3) grüner Pyroxen: Es wurde eine dunkle Varietät mit n_y= 1,704 und eine helle mit n_y= 1,690 bestimmt. Der Anteil der grünen Pyroxene an den Einsprenglingspyroxenen ist mit 50 % sehr hoch.
Nephelin: Die Brechungsindizes sind n_o= 1,545 und n_E= 1,541, was einem Kaliophilitgehalt von 27,5 Mol% ent-

spricht. Röntgenographisch wurden 31,3Mol% ermittelt.
Der Melilith ist meistens sehr frisch und zeigt ähnliche durch Pyroxenmikrolithen erzeugte Sanduhrstruktur wie am Hohenstoffeln. Basisschnitte sind im Dünnschliff häufig beobachtet worden. Der Brechungsindex von n_o= 1,635 ist der höchste der untersuchten Vorkommen des Hegaus.
Die hellbraunen Gläser haben eine Lichtbrechung um n=1,500; die dunklen, beinahe schwarzen Gläser liegen bei n = 1,530.

Das Gefüge ist dem vom Hohenstoffeln sehr ähnlich.
Der modale Mineralbestand ist in der Tabelle 15 angegeben.

Tabelle 15. Modaler Mineralbestand von Riedheim

Olivin	22,0	Magnetit	9,6
Einspr.-Pyr.	1,9	Perowskit	0,2
Grundmassepyr.	37,9	Biotit	0,2
Melilith	10,4	Farbzahl	82,2
Nephelin+Glas	17,8		

Es handelt sich auch hier um einen Melilith-Nephelinit.
In der Tabelle 16 sind die Gesteins- und Mineralanalysen zusammengestellt.

Tabelle 16. Gesteins- und Mineralanalysen von Riedheim

Si	1	2	3		1	2	3
SiO_2	40,1	----	----	Na_2O	2,2	----	----
TiO_2	2,1	----	----	K_2O	1,3	----	----
Al_2O_3	9,0	27,5	27,3	P_2O_5	0,7	----	----
Cr_2O_3	---	31,8	32,0	H_2O	1,7	----	----
Fe_2O_3	3,5	8,8	8,2	NiO	0,078	----	----
FeO	7,2	15,3	15,1	BaO	0,13	----	----
MnO	0,21	----	----	Sr_2O	0,09	----	----
MgO	19,3	12,9	13,1	R St	----	3,0	3,0
CaO	12,2	----	----				

1. Gesteinsanalyse, Anal. E.WEIBEL (67)
2. Spinellanalyse (SM), Anal. E.WEIBEL (67)
3. Spinellanalyse (STM), Anal. E.WEIBEL (67)

Die Analysen sind alle im Laufe der vorliegenden Arbeit entstanden und werden in den folgenden Kapiteln berücksichtigt.

An der Gesteinsanalyse ist der enorm hohe MgO-Gehalt auffällig. Er spricht für hohen Olivingehalt des Gesteins.

3.13. Blauer Stein (S7a)

Knapp 1,5 km nordöstlich vom Dorf Randen liegt von Wald umgeben ein heute noch 5 - 8 m hoher Gesteinsklotz, der Blauer Stein genannt wird. Seine Rechts- und Hochwerte sind $R^{34}70\ 050$; $H^{52}98\ 860$. (Bl.Blumberg, BlNr. 8117). GRUBENMANN spricht noch von einem 18 m hohen Gesteinsklotz. Man findet heute also nur noch die vom Abbau übriggebliebenen Reste. A.SCHREINER (66) beschreibt den Blauen Stein und stellt auf Grund früherer Angaben fest, daß es sich um Reste einer Basaltdecke handeln muß. Er vermutet, daß die Basaltdecke eine Ausdehnung von ca. 100 m gehabt hat und daß es sich wahrscheinlich um die Ausfüllung einer Mulde oder eines Kraters mit Lava handelt. Ein größerer Basaltschlot soll nach magnetischen Messungen von MÄUSSNEST fehlen. A.SCHREINER (66) vermutet an Hand von Geländeuntersuchungen, daß die Lava durch eine 5 - 10 m breite Förderspalte an die Oberfläche gedrungen ist.
Der Mineralbestand des Gesteins ist normal. Auffällig sind im mikroskopischen Bereich (ca. 0,5 mm) kugelförmige Gebilde mit Anhäufungen von Melilith und Nephelin sowie etwas Glas, manchmal sind sie zeolithisiert. Auch hier gibt es, wenn auch selten, größere Olivineinsprenglinge (>1cm). Kleinere Einschlüsse von Fremdgestein sind relativ häufig.
Olivin: Der Fayalitgehalt von 14,7 % ist einer der höchsten im Hegau. Die Brechungsindizes sind

$$n_x = 1{,}662\ ;\quad n_y = 1{,}682\ ;\quad n_z = 1{,}700$$

Es kommen Durchkreuzungszwillinge vor.
Klinopyroxen:
1) brauner Einsprenglingspyroxen: nicht beobachtet
2) Grundmassepyroxen: $n_y = 1{,}720 - 1{,}726$
3) grüner Pyroxen: $n_y = 1{,}701$

In den Pyroxenkonzentraten der Einsprenglinge wurde jeweils nur der grüne Pyroxen angetroffen. Es ist natürlich möglich, daß der braune Einsprenglingspyroxen trotzdem

vorkommt, zumindest sollte er jedoch sehr selten sein.
Nephelin: $n_o = 1{,}544$; $n_E = 1{,}540$
Die optisch und röntgenophisch ermittelten Kaliophilitgehalte sind 24,0 Mol% bzw. 30,0 Mol%.
Für den Melilith konnte ein $n_o = 1{,}632$ gemessen werden.
Kohlige Substanzen konnten häufig festgestellt werden. Es wird angenommen, daß es sich um ins Magma geratene Holzreste handelt, was bei einer Decke ja plausibel ist.
Das Gefüge ist den vorher besprochenen Vorkommen ähnlich. Das Gestein hat jedoch kleinere Einsprenglinge und feinkörnigere Grundmasse.
In der Tabelle 17 wird der modale Mineralbestand und der von LEOPOLD angegebene angeführt.

Tabelle 17. Modaler Mineralbestand vom Blauen Stein

		LEOPOLD
Olivin	8,8	11
Einspr.-Pyr.	0,7	5
Grundmassepyr.	41,7	35
Melilith	4,8	42
Glas	16,0	
Nephelin	14,7	
Perowskit	0,5	
Magnetit	11,9	7
Biotit	0,4	--
Calcit	0,5	--
Mafitgehalt	68,8	--

Sehr auffällig ist der geringe Olivingehalt von 8,8 %, was wahrscheinlich damit erklärt werden kann, daß hier ein anderer Aufstiegsmechanismus vorliegt als bei den übrigen Vorkommen im Förderschlot. Der niedrige Olivinwert wird von LEOPOLD bestätigt. Bezeichnend ist ein niedriger Melilithgehalt und ein relativ hoher Nephelingehalt. Auffällig ist der sehr hohe Magnetitgehalt, der allerdings nicht von LEOPOLD bestätigt wird.
Das Gestein ist ein Melilith-Nephelinit.
In der Tabelle 18 sind die bekannten Gesteinsanalysen vom Blauen Stein angeführt.

Tabelle 18. Gesteinsanalysen vom Blauen Stein

	1	2		1	2
SiO_2	36,93	35,84	CaO	14,95	10,90
TiO_2	5,76	8,85	Na_2O	3,41	3,53
Al_2O_3	8,57	10,48	K_2O	2,11	1,51
Cr_2O_3	----	2,84	P_2O_5	0,95	----
Fe_2O_3	4,86	7,25	CO_2	0,72	----
FeO	8,55	6,62	H_2O^+	1,11	----
MnO	0,45	----	H_2O^-	0,37	----
MgO	11,65	12,95			

1. Gesteinsanalyse, Anal. JAKOB, bei LEOPOLD (40)
2. Gesteinsanalyse, Anal. GRUBENMANN (86)

Die Analyse (1) von JAKOB wird wegen des hohen TiO_2-Gehaltes im Kapitel Chemismus nicht berücksichtigt, ebenso die Analyse von GRUBENMANN.

3.14. Steinröhren (S7b)

Das Vorkommen Steinröhren ist ein uralter offen gelassener Steinbruch, in dem schon zu GRUBENMANNS Zeiten nicht mehr abgebaut wurde. Er liegt einige 100 m westlich vom Blauen Stein und hat die Rechts- und Hochwerte $R^{34}69\ 700$; $H^{52}98\ 875$ (Bl.Blumberg, Bl.Nr. 8117). Es ist praktisch nur noch Material aus den Kontaktbereichen zum Tuff anstehend. Man ist also auf herumliegende Gesteinsbrocken angewiesen. Der Mineralbestand ist normal. Sehr große Olivine (>1 cm) sind häufig, ebenso Olivincumulate mit einem Durchmesser von 1 - 2 cm.

Olivin: Der Fayalitgehalt ist mit 14,2 dem vom Blauen Stein praktisch gleich.

$n_x = 1{,}662$; $n_y = 1{,}681$; $n_z = 1{,}700$

Es kommen ebenfalls Durchkreuzungszwillinge vor.

Klinopyroxen:

1) brauner Einsprenglingspyroxen: $n_y = 1{,}728$
2) Grundmassepyroxen: $n_y = 1{,}710 - 1{,}717$
3) grüner Pyroxen: $n_y = 1{,}707$

Der grüne Pyroxen hat einen Anteil von 20 % an den Ein-

sprenglingspyroxenen.

Nephelin: Mit n_o = 1,544 und n_E = 1,540 ergeben sich die gleichen Brechungsindizes wie am Blauen Stein und damit 24 Mol% Kaliophilit. Röntgenographisch wurden 31,2 Mol% Kaliophilit ermittelt.

Melilith: In einigen Dünnschliffen konnte die Umwandlung des Meliliths von dem frischen Zustand in eine Pseudomorphose in verschiedenen Stadien beobachtet werden. Die farblosen Melilithkristalle werden gelblich, sie verlieren ihre annormale Interferenzfarbe, werden höher doppelbrechend und 1achsig positiv. Das Gefüge ist dem vom Blauen Stein ähnlich, jedoch grobkörniger. Der modale Mineralbestand wird in der Tabelle 19 angegeben.

Tabelle 19. Modaler Mineralbestand vom Steinröhren

Olivin	15,0	Magnetit	11,1
Einspr.-Pyr.	1,0	Perowskit	0,3
Grundmassepyr.	38,3	Biotit	0,3
Melilith	4,8	Calcit	0,4
Nephelin	14,2	Farbzahl	70,8
Glas	14,6		

Der Olivingehalt ist im Gegensatz zum Blauen Stein normal. Ansonsten sind sich die beiden Vorkommen im modalen Mineralbestand sehr ähnlich.

Das Gestein ist ein Melilith-Nephelinit.

4. Die Minerale des Melilith-Nephelinits

4.1. Olivin

Auf den ersten Blick fallen die glitzernden Einsprenglinge des Olivins im Melilith-Nephelinit auf. Mit 15 - 20 Vol% Gehalt ist dieses Mineral eine der wichtigsten Komponenten des Gesteins. Kurzprismatische Formen herrschen vor. Meistens ist er bei Größen > 200 μ idiomorph, bei kleineren Größen überwiegen rundliche Formen. In manchen Vorkommen, z.B. Riedheim, ist der Olivin nur sehr selten idiomorph, die Olivinkörner haben hier gezackte Ränder, ein Zeichen magmatischer Resorption.

Der Olivin ist hellgrün, im Dünnschliff farblos, Spaltbarkeit nach (010) ist selten erkennbar. Zwillings-

bildung kommt im allgemeinen nicht vor. Nur in zwei Vorkommen, Blauer Stein und Steinröhren, wurden Durchdringungszwillinge häufig beobachtet. Manche Olivinkörner sind zungenartig von einer Zone höherer Doppelbrechung durchsetzt. Die optische Orientierung bleibt dabei im ganzen Korn gleich. Im Vorkommen Steinröhren konnte sogar eine Art Sanduhrstruktur auf Grund verschiedener Doppelbrechung beobachtet werden.

Als Einschlüsse im Olivin sind opake Minerale, also Spinell und wohl auch Magnetit nicht selten. Einmal wurde ein gerundeter Pyroxen als Einschluß beobachtet. Eine deutliche Reaktionszone zwischen Olivin und Pyroxen ist nicht erkennbar. Das betreffende Olivinkorn ist sehr groß (3,0 X 2,5 mm) und nicht idiomorph; der eingeschlossene Pyroxen hat eine Größe von 220 x 140 μ . Man könnte an ein Cumulat denken.

Der Olivin kommt des öfteren als Cumulat vor. Im Cumulat sind die Olivine nicht idiomorph, sondern gerundet mit z.T. gezackten Rändern. Sie sind meistens fest aneinander gefügt oder fest miteinander verschweißt. Es wurden bis zu 70 Einzelkörner des Olivins in solchen zusammengeschweißten Olivincumulaten gezählt. Die Cumulate sind bis zu 0,5 x 0,5 cm groß. Manche Olivincumulate sind von Pyroxenleisten umgeben.

Gelegentlich, in manchen Vorkommen relativ häufig, gibt es Olivinkristalle mit undulöser Auslöschung. Die Olivine der Cumulate, die aus einigen großen Kristallen und vielen kleinen bestehen, zeigen an ihren großen Kristallen meistens undulöse Auslöschung.

Der Olivin weist z.T. starke Korrosionserscheinungen auf, die manchmal so weit gehen, daß nur noch Reste vom Olivin erhalten bleiben.

Selten beobachtet man Reaktionserscheinungen. Manchmal werden Olivine von einer dunklen Zone, hauptsächlich aus opaken Mineralen bestehend, umgeben.

Die Zersatzerscheinungen des Olivins sind schwer indentifizierbar und konnten im Rahmen dieser Arbeit nicht eingehend untersucht werden.

Im Dünnschliff werden oft grüne Zersatzprodukte beobachtet, die von außen her und von Spaltrissen aus die frischen Olivinteile umgeben; es handelt sich um Nontronit. In Körnerpräparaten findet man häufig gelbliche bis gelbbraune dünne Schichten auf Olivin, ein Gemisch von Nontronit und Goethit. Manchmal, bisweilen häufig, z.B. Blauer Stein und Steinröhren, werden die Olivine von dunkelrotbraunen Krusten umgeben, die wohl hauptsächlich aus Goethit bestehen.
Im Vorkommen Riedheim wurden schwarze opake Überzüge am Olivin beobachtet, wohl Hämatit.
Der Olivin wurde optisch, röntgenographisch und chemisch untersucht. Chemisch analysiert wurde eine Probe vom Höwenegg. Die Analysenwerte in Tabelle 3 unter Vorkommen Höwenegg angegeben.
Es ergibt sich folgende Formel:

$$(Mg_{1,714}Fe^{2+}_{0,248}Ca_{0,011}Mn_{0,004}Al_{0,006}Ni_{0,009})\ Si_{0,999}O_{4,000}$$

Aus der Formel errechnet sich der Fayalitgehalt zu 12,4 %. Dieser weicht also von dem optisch ermittelten Fayalitgehalt von 12,0 % nur sehr wenig ab. Die Olivinanalyse von WEISKIRCHNER (siehe Tabelle 3) liegt mit 10,6 % Fayalitgehalt etwas niedriger. Allerdings stammt sie auch nicht aus Olivineinsprenglingen des Gesteins, sondern aus flatschengrünen, völlig klaren Einschlüssen von etwa 1 cm Länge und 1-2 mm Dicke. Diese Einschlüsse sind scheinbar früher gebildet worden als die Einsprenglinge des Gesteins und daher fayalitärmer.
Die Brechungsindizes sind:

$$n_x = 1,658\ ;\quad n_y = 1,676\ ;\quad n_z = 1,694$$

In der Tabelle 20 sind die Brechungsindizes des Olivins aller untersuchten Vorkommen und der daraus abgeleitete Fayalitgehalt (nach KENNEDY (47) angeführt.

Tabelle 20. Lichtbrechungswerte der Olivine

Aufschluß	n_x	n_y	n_z	Fayalitgehalt
Höwenegg	1,658	1,676	1,694	12,0
Neuhöven	1,655	1,674	1,693	11,0
Schopfloch	1,661	1,680	1,699	13,7
Haslen	1,662	1,682	1,700	14,7
Hohenhöven	1,659	1,679	1,699	13,3
Blauer Stein	1,662	1,682	1,700	14,7
Steinröhren	1,662	1,681	1,700	14,2
Schachen	1,660	1,679	1,698	13,3
Hohenstoffeln	1,661	1,680	1,698	13,7
Sennhof	1,660	1,680	1,699	13,7
Homboll	1,657	1,675	1,694	11,2
Pfaffwiesen Nord	1,662	1,681	1,700	14,2
Pfaffwiesen Süd	1,662	1,682	1,700	14,7
Riedheim	1,662	1,681	1,699	14,2

Bestimmt man nach W.WEISKIRCHNER (1950) den Unterschied der Fa-Gehalte der Extremwerte aller Vorkommen, so kommt man zu folgenden Werten:
für n_x 3,71 %, für n_y 3,75 %, und für n_z 3,78 % Fayalitgehalt. Nach KENNEDY ergibt sich ein Unterschied von 3,7 % Fayalitgehalt. Dies ist eine ausgezeichnete Übereinstimmung.

Aus der Tabelle 20 ist zu ersehen, daß der Streubereich der einzelnen Werte relativ klein ist. Es ergibt sich eine Variationsbreite von 3,7 % Fayalitgehalt. Man kann wohl von einer gleichmäßigen Zusammensetzung der Olivine im ganzen Untersuchungsgebiet sprechen.
Die Korngrößen, d.h. der jeweils größte gemessene Durchmesser eines Kornes, und die Kornform, d.h. das Verhältnis Länge zu Breite eines Kornes, sind gegen die jeweiligen prozentualen Anteile der gewählten Einheiten in Figur 4 dargestellt.

Für die Darstellung der Korngrößen wurden Intervalle von 125 μ gewählt. Für jedes Vorkommen sind durchschnittlich 300 Messungen gemacht worden. In den beiden Diagrammen der Fig.4 sind jeweils nur die Extremwerte von 6 gemessenen Vorkommen eingezeichnet. So liegt für die Korngrößen das

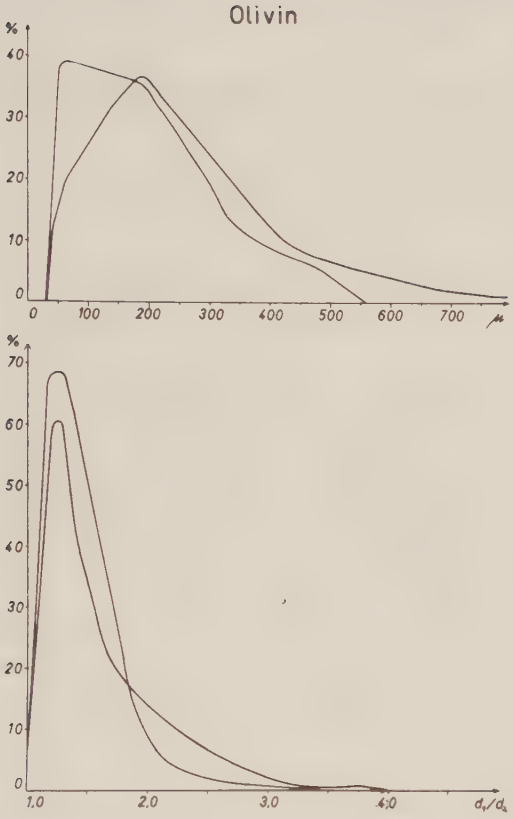

Fig.4: Korngrößen- und Durchmesserverhältnisdiagramm des Olivins.

Hauptmaximum von 5 Vorkommen bei 185 μ und nur das Vorkommen Blauer Stein hat sein Hauptmaximum bei ca. 60 μ . Ein nicht sehr deutliches Nebenmaximum tritt nur beim Vorkommen Homboll auf, was darauf hindeutet, daß die Olivine hier bevorzugt prismatisch ausgebildet sind.

Die im unteren Teil der Fig. 4 dargestellten Durchmesserverhältnisse der Körner zeigen, daß die Kornform ausgesprochen kurzstengelig bis quadratisch ist. Die Maxima aller Vorkommen liegen bei dem Verhältnis 1,25:1. Dies Ergebnis ist überraschend, denn im Dünnschliff fallen hauptsächlich die prismatischen Formen der großen Kristalle des Olivins auf und man übersieht dabei die vielen

kleineren rundlichen Olivinkörner.

4.2. Pyroxen

Drei Arten von Pyroxenen können unterschieden werden:
1. ein brauner Einsprenglingspyroxen
2. ein brauner Grundmassepyroxen
3. ein grüner Einsprenglingspyroxen

1. brauner Einsprenglingspyroxen
Der Einsprenglingspyroxen ist praktisch immer idiomorph, kurzprismatisch, z.T. bevorzugt nach (100) ausgebildet. Die Spaltbarkeit nach (110) ist sehr gut. Ein charakteristisches Kennzeichen im Dünnschliff sind lila-braune Interferenzfarben, wie sie für Titanaugite typisch sind. Zwillingsbildungen mit der Verwachsungsebene (010) wurden beobachtet. Weitaus häufiger, aber besonders häufig beim Hohenhöven, sind Zwillingslamellen nach (100). Sie werden im Einsprenglingspyroxen sowie im Grundmassepyroxen angetroffen und konnten in fast allen Vorkommen beobachtet werden.
Zonarbau wurde im Dünnschliff, selten im Körnerpräparat erkannt. Dabei war gelegentlich in einem Individuum eine Verschachtelung mehrerer zonarer Strukturen erkennbar. Weiterhin konnten Sanduhrstrukturen festgestellt werden.
Cumulatbildung von Pyroxenen ist recht häufig. Es gibt verschiedene Typen solcher Bildungen. Manchmal ordnen sich die Pyroxene so an, daß sie ein sternförmiges Gebilde ergeben oder sie bilden als sperrige Außenumrahmung zusammen mit Olivin ein Cumulat. Häufig sind einfache Zusammenballungen von Pyroxenen. Normalerweise ist er in den Cumulaten idiomorph. Es gibt jedoch auch Pyroxencumulate, die aus mehr gerundeten Pyroxenkörnern bestehen und einen deutlichen Reaktionshof zeigen (siehe Abb.4).
Nicht selten sind Ausfüllungen von Blasenräumen. Bei diesen rundlichen Gebilden von Pyroxenansammlungen sind die Pyroxene von außen her zur Mitte hin gewachsen. Die Zwischenräume sind von gelblich faserigen Aggregaten ausgefüllt.

An einem Einsprengling (vom Homboll) konnte eine Durchsprießung des Pyroxens mit Olivin festgestellt werden.

2. Grundmassepyroxen

Die Grundmassepyroxene gleichen den braunen Einsprenglingspyroxenen und sind eigentlich nur durch ihre geringere Größe von diesen unterschieden. Sie sind ebenfalls idiomorph, aber langstengeliger ausgebildet als die Einsprenglinge. Es konnten dieselben Erscheinungen wie z.B. Zonarbau, Zwillingsbildung, Sanduhrstruktur u.a.m., die an den Einsprenglingen erkannt wurden, auch bei den Grundmassepyroxenen beobachtet werden.

3. grüner Einsprenglingspyroxen

Die Pyroxene sind grasgrün, klar durchsichtig und je nach Dicke hell- oder dunkelgrün. In manchen Vorkommen gibt es dunkelgrüne nicht durchsichtige Pyroxene.
Alle diese verschieden farbigen grünen Varietäten sind praktisch einschlußfrei und z.T. idiomorph; was darauf hindeutet, daß sie die zuerst ausgeschiedenen Pyroxene sind. Die Hauptmenge der Pyroxene ist kurzprismatisch, wobei die (100) Fläche bevorzugt ist; bei manchen so stark, daß die Pyroxene scheibenförmig erscheinen. Daneben kommt auch eine mehr langstengelige Form vor. Die Flächen (100), (110), (010) und (111) sind gut ausgebildet. In ihrer Form gleichen sie also dem Titanaugit. Die Achsenebene liegt (010). Auf der (100) Fläche löscht der Pyroxen gerade aus. Pleochroismus ist vorhanden und zwar auf der (100) Fläche von dunkelgrün nach braungrün, auf der (010) Fläche braungrün und in c-Richtung hellbraun. Der Pleochroismus ist also X = grasgrün, Y = braungrün und Z = braun. Im Dünnschliff sind die grünen von den braunen Einsprenglingen im allgemeinen nicht zu unterscheiden. Der grüne Pyroxen ist in den verschiedenen Vorkommen etwas unterschiedlich ausgebildet. Es sollen hier die Vorkommen mit den krassesten Unterschieden genannt werden. Der grüne Pyroxen vom Höwenegg ist praktisch immer idiomorph, während er beim Neuhöven massig, xenomorph ausgebildet ist. Es gibt auch in der Farbe Unterschiede. Beim Höwenegg ist die Farbe grasgrün und

die Kristalle sind durchsichtig. Ganz selten kommen lichtgrüne Pyroxene vor. Beim Neuhöven gibt es dunkelgrüne, nicht durchsichtige, grasgrüne durchsichtige (beide mit n_y=1,708) sowie lichtgrüne Pyroxene (n_y= 1,692). Demnach dürften geringe chemische Unterschiede innerhalb der Gruppe der grünen Pyroxene vorkommen.
Der prozentuale Anteil der grünen Pyroxene an dem Gesamteinsprenglingspyroxen ist in den einzelnen Vorkommen sehr verschieden. Am Höwenegg wurde das Verhältnis grüne Pyroxene zu Gesamtpyroxen für folgende Kornfraktion ermittelt:

0,4 - 0,6 mm.....2 %
0,2 - 0,4 " .....7 %
0,125 - 0,2 " .....7 %
0,06 - 0,125 " .....0,2 %
0,04 - 0,06 " .....0 %

Hieraus ergibt sich, daß die Hauptmenge der grünen Pyroxene in dem Korngrößenbereich zwischen 0,125 und 0,4 mm liegt. Der grüne Pyroxen kommt also in der Grundmasse nicht vor. Für die meisten Vorkommen wurde der prozentuale Anteil der grünen Pyroxene am Gesamtpyroxengehalt aus der Fraktion 0,2 - 0,4 mm ermittelt, da die Hauptmasse der Einsprenglingspyroxene in dieser Fraktion liegt.
In der Tabelle 21 sind die erhaltenen Werte angegeben.

Tabelle 21. Anteil der grünen Pyroxene am Einsprenglingspyroxengehalt in Vol%.

1	Blauer Stein	100 %
2	Neuhöven	60 %
3	Riedheim	50 %
4	Haslen	45 %
5	Hohenhöven	25 %
6	Steinröhren	20 %
7	Pfaffwiesen Nord	18 %
8	Hohenstoffeln	5 %
9	Schopfloch	4 %
10	Pfaffwiesen Süd	3 %
11	Nephelinschliere Hohenst.	1 %
12	Sennhof	1 %
13	Homboll	1 %

Die Prozentzahlen sollen nur einen ungefähren Überblick geben und sind natürlich keine Absolutwerte. Schon durch geringe Unterschiede in der Aufbereitung und der Konzentrierung der Pyroxene können sich das Verhältnis grüne Pyroxene zu braunen Pyroxeneinsprenglingen verschieben. Die Prozentzahlen wurden ermittelt, indem die grünen Pyroxene aus dem Pyroxenkonzentrat ausgesucht und dann gewogen wurden.
Reaktions- sowie Zersatzerscheinungen konnten an den drei genannten Pyroxenen nicht beobachtet werden.
Die bei den Vorkommen angeführten Pyroxenanalysen sind auf die Pyroxenstandardformel $(WXY)_2Z_2O_6$ (HESS 1949) umgerechnet worden. Da die Z-Positionen mit Si in keiner Analyse ausreichend besetzt ist, wird sie mit Al aufgefüllt. Für die Berechnung der Atomkoordinaten von Ca, Mg, Σ Fe zur Darstellung des Ca-Mg-Σ Fe-Diagramms wurden für Ca die Summe von Ca+Na+K und für Σ Fe die Summe von Fe^{2+}+Mn+Fe^{3+} eingesetzt. Al in oktaedrischer Koordination und Ti wurden je zur Hälfte auf die Kationen Mg und Σ Fe aufgeteilt. Um einen Überblick über die Gehalte an dreiwertigen Kationen sowie an Ti und Alkalien zu erhalten, wurden die hypothetischen Klinopyroxenmoleküle berechnet.
In der Tabelle 22 sind die Pyroxenformeln, die Atomkoordinaten von Ca, Mg, Σ Fe und die hypothetischen Klinopyroxenmoleküle angegeben.
Die chemischen Analysen von 5 verschiedenen Pyroxenen liegen alle im Salitfeld (siehe Fig.5). Die Analyse 6 vom Hohenhöven (von U.GRUBENMANN angegeben) fällt stark heraus und befindet sich auf der Grenze Augit/Pigeonitaugit. Es ist nach den bisherigen Ergebnissen unwahrscheinlich, daß die Werte für den Pyroxen vom Hohenhöven so stark herausfallen. Die Richtigkeit der Analyse wird damit in Zweifel gestellt.
Die Analysen 1,2,4,5 haben sehr hohen TiO_2-Gehalt und sind nach Hückenholz (65) als Titan-Salite zu bezeichnen. Der grüne Pyroxen dürfte ein Cr-reicher Salit sein (Cr_2O_3-Gehalt nicht bestimmt). Er hat mit 75,1 % den höchsten Anteil an Diopsidkomponente. In den Pyroxenen vom Höwenegg Einsprengling (1) über Höwenegg Grundmasse (2)

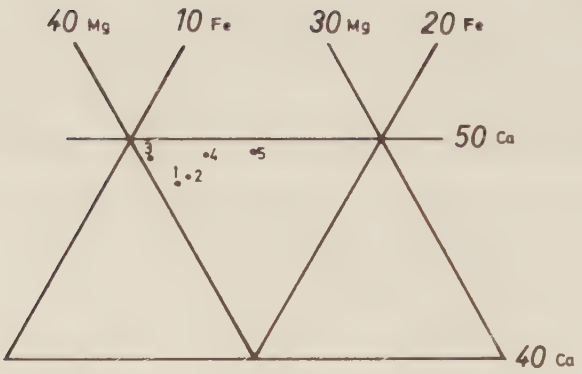

Fig.5: Ca-Mg-ΣFe-Diagramm der Klinopyroxene der Melilith-Nephelinite.

und Hohenstoffeln Grundmasse (4) ist ein leichter Fe-Anstieg zu verzeichnen. Am Fe-reichsten ist der Pyroxen aus der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln (5). Damit dürfte dieser spät gebildet worden sein.

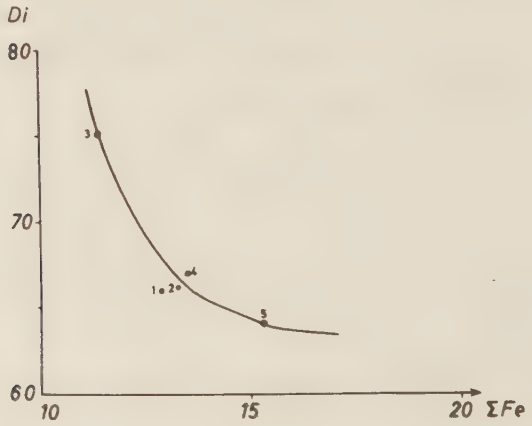

Fig.6: Abhängigkeit der Diopsidkomponente von den ΣFe-Werten aus dem Ca-Mg-ΣFe-Diagramm.

Sehr deutlich wird die Entwicklung der Pyroxene an dem Anteil der Diopsidkomponente, die in den eisenärmsten am höchsten ist und zu den eisenreichsten deutlich abnimmt.

Tabelle 22. Die berechneten Werte der Pyroxenformeln, der Atomkoordinaten des Ca-Mg-ΣFe-Dreiecks und der hypothetischen Klinopyroxenmoleküle aus den Analysen der Pyroxene

		1	2	3	4	5	6
Z	Si	1,691	1,696	1,923	1,702	1,742	1,624
	Al	0,309	0,304	0,077	0,298	0,258	0,376
Y	Al	0,011	0,005	0,014	---	0,014	0,164
	Ti_{3+}	0,084	0,098	0,033	0,095	0,100	0,067
	Fe^{3+}	0,118	0,109	0,067	0,128	0,105	0,227
	Cr	---	---	---	---	---	0,117
X	Fe^{2+}	0,087	0,100	0,130	0,092	0,136	---
	Mn	0,003	0,004	0,006	0,003	0,005	---
	Mg	0,731	0,710	0,760	0,699	0,649	0,629
W	Ca	0,926	0,926	0,934	0,952	0,940	0,553
	Na	0,025	0,029	0,036	0,030	0,037	0,094
	K	---	---	---	0,002	0,002	0,055
	Z	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Y+X+W	1,985	1,981	1,980	2,001	1,986	1,851
	Ca	47,9	48,2	49,0	49,1	49,2	34,9
	Mg	39,2	38,5	39,6	37,4	35,5	43,4
	ΣFe	12,9	13,3	11,4	13,5	15,3	21,7
	Ac	2,5	2,9	3,6	3,2	3,7	9,4
	Tsch	14,1	10,8	7,7	10,8	10,6	37,6
	Ti-A	8,4	9,8	---	9,5	7,6	---
	Hd	9,0	10,4	13,6	9,5	14,1	(10,5)
	Di	66,0	66,1	75,1	67,0	64,0	42,5
	n_y	1,717	1,713	1,702	1,727	1,723	1,723

1) brauner Einsprenglingspyroxen vom Höwenegg
2) Grundmassepyroxen vom Höwenegg
3) grüner Einsprenglingspyroxen vom Höwenegg
4) Grundmassepyroxen vom Hohenstoffeln
5) Pyroxen der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln
6) Pyroxen vom Hohenhöven, Anal. U.GRUBENMANN (86)

Die Hedenbergitkomponente zeigt dagegen nicht die zu erwartende gegenläufige Entwicklung. Die beiden Grundmassepyroxene liegen bei allen hypothetischen Klinopyroxenmolekülen sehr nahe beieinander, so daß man sie praktisch als

vollkommen identisch bezeichnen kann.
Von den meisten Vorkommen wurde die Lichtbrechung (siehe Tabelle 23) bestimmt. Es ergaben sich sehr deutlich Unterschiede. So ist das Intervall niedrigste bis höchste Lichtbrechung der braunen Einsprenglinge für n_y = 1,715 - 1,740 , der Grundmassepyroxene für n_y = 1,709 - 1,734 sowie der grünen Pyroxene für n_y = 1,699 - 1,727 sehr groß, wobei die hellgrüne Varietät bei den grünen Pyroxenen nicht berücksichtigt wird. Die Komponenten, die die Lichtbrechung entscheidend beeinflussen, sind der TiO_2-, $(AlFe)_2O_3$- sowie der FeO-Gehalt. Man kann für diese Komponenten Erfahrungswerte für die Erhöhung der Lichtbrechung pro Gew.% der jeweiligen Komponente annehmen und erhält auch Werte, die ziemlich gut mit den ermittelten übereinstimmen. Abweichungen treten jedoch immer wieder auf. Dies ist ohne weiteres erklärbar, wenn man bedenkt wie viele Komponenten auf die Erhöhung der Lichtbrechung Einfluß haben. Es ist also schwierig, allein aus der Lichtbrechung detailierte Angaben über den Chemismus zu machen.
Da aus den untersuchten Vorkommen einige Analysen vorliegen, kann man die Entwicklung bei zunehmenden Lichtbrechungswerten ungefähr abschätzen. Der TiO_2-Gehalt ist in allen Titan-Saliten ähnlich, ebenso der Al_2O_3-Gehalt. Unterschiedlich sind die Fe_2O_3- und FeO-Gehalte sowie das Verhältnis Fe_2O_3/FeO. Auf jeden Fall sollten für die untersuchten Pyroxene des Gesteins hauptsächlich Unterschiede im FeO- und Fe_2O_3-Gehalt die Lichtbrechung ändern, wobei man die TiO_2- und die Al_2O_3-Gehalte nicht ganz vernachlässigen darf.
Wendet man das eben gesagte auf die gefundenen Lichtbrechungswerte der einzelnen Vorkommen an, so sollten vor allem für die Pyroxeneinsprenglinge vom Sennhof und Pfaffwiesen Nord höhere Eisengehalte erwartet werden. Bei den grünen Pyroxenen fallen vor allem die Werte vom Pfaffwiesen Nord, Pfaffwiesen Süd und der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln heraus. Normalerweise sind die Lichtbrechungswerte vom braunen Einsprenglingspyroxen und vom Grundmassepyroxen einander ähnlich, am Höwenegg wurde auch die chemische Identität nachgewiesen. In dem Vorkommen Sennhof, Pfaffwiesen Nord und Steinröhren sind die Unterschiede in der Lichtbrechung zwischen

Tabelle 23. Die Lichtbrechungswerte der Pyroxene

		S 12	S 10	S 4	S 11	S 9	S 8	S 7a	S 7b	S 6
I	n_z	1,738	1,738	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	n_y	1,717	1,717	1,717-1,723	1,726	1,722	1,723	-----	1,728	1,712-1,725
	n_x	1,705	1,704	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
II	n_z	1,735	1,735	1,748	1,734	-----	1,741	-----	-----	1,744
	n_y	1,713	1,710	1,727-1,734	1,715-1,722	1,722-1,728	1,714-1,725	1,720-1,726	1,710-1,717	1,725-1,728
	n_x	1,704	1,702	1,712	1,708	-----	1,701	-----	-----	1,709
III	n_z	1,718	1,726	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	n_y	1,701	1,708	-----	1,706	1,706	1,705	1,701	1,707	1,700
	n_x	1,688	1,698	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

		S 7	S 5	S 3	S 2	S 1	Neph.
I	n_y	1,717-1,730	1,734-1,740	1,736	1,725-1,731	1,715-1,725	1,720-1,726
II	n_y	1,714-1,723	1,725	1,710	1,717-1,724	1,718-1,723	-----
III	n_y	-----	-----	1,716-1,721	1,721	1,704	1,727

I = brauner Einsprenglingspyroxen
II = Grundmassepyroxen
III = grüner Einsprenglingspyroxen

S 3 Pfaffwiesen Nord
S 2 Pfaffwiesen Süd
S 1 Riedheim
Neph. Nephelinschliere Hohenstoffeln
S 12 Höwenegg
S 11 Schopfloch
S 10 Neuhöven

S 9 Haslen, S 8 Hohenhöven, S 7 Schachen, S 7a Blauer Stein, S 7b Steinröhren, S 6 Hohenstoffeln, S 5 Sennhof, S 4 Homboll.

den genannten Pyroxenen jedoch erheblich, und zwar ist jeweils der Pyroxeneinsprengling der höher lichtbrechende. Man darf also annehmen, daß in den genannten Vorkommen Unterschiede im Chemismus zwischen den Pyroxeneinsprenglingen und den Grundmassepyroxenen vorhanden sind. Vor allem dürfte sich dies chemisch in verschiedenen Fe_2O_3/FeO-Verhältnissen ausdrücken. Die Variationsbreite, die man aus den Brechungsindizes der verschiedenen Pyroxene ableiten kann, beträgt knapp 5 % Änderung im Σ Fe-Gehalt des Ca-Mg-Σ Fe-Dreiecks. Sie ist für alle drei Pyroxene gleich. Die Variationsbreite ist also relativ gering und die Entwicklung der Pyroxene damit auf einen schmalen Sektor begrenzt. Das Magma hat sich im Laufe seiner Abkühlungsphase, d.h. während der Zeit der Pyroxenbildung also nicht besonders verändert.
Die Fig.7 gibt die Korngrößen der Pyroxenen bzw. ihre Kornform aus verschiedenen Vorkommen wieder. Auch hier sind wie beim Olivin nur die Extremwerte der bearbeiteten Vorkommen dargestellt. Für die Darstellung der Korngrößen wurden Intervalle von ca. 20 μ gewählt. Es ist zu erkennen, daß das Hauptmaximum bei fast allen Vorkommen zwischen 20 μ und 40 μ liegt. Eine größere Abweichung hiervon zeigt nur der Hohenhöven, dessen erstes Maximum bei 90 μ und zwei weitere bei ca. 130 μ und bei ca. 200 μ liegen.
Da die Einsprenglinge selten sind, können auf einer Meßstrecke jeweils höchstens ein oder zwei größere Einsprenglinge gemessen werden. So kommen die größeren Einsprenglinge nicht zur Geltung. Sie liegen zwischen 200 μ und 500 μ manchmal erreichen sie Größen bis 1000 μ . Das Gros der Pyroxene sind also echte Grundmasseminerale ($< 100\,\mu$).
Die Kornform ist stengelig. Das Hauptmaximum liegt bei 3,5:1, einzelne Nebenmaxima bei 6,5:1, 8,5:1 und 10,5:1. Man sieht also, daß auch relativ langstengelige Formen vorkommen.

4.3. Melilith

Die Melilithe sind flache viereckige bis achteckige Tafeln; die Ecken sind meistens abgerundet. Im Längsschnitt sieht man den Melilith als langstengeliges Mineral. Nur in Dünnschliffen, in denen der Melilith häufig vorkommt (über 10%),

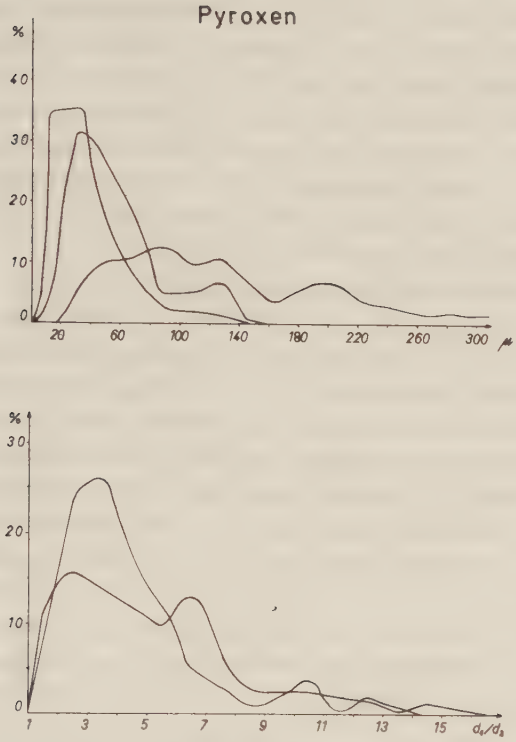

Fig.7: Korngrößen- und Durchmesserverhältnisdiagramm des Pyroxens.

kann man Basisschnitte des öfteren beobachten. Die Basisschnitte sind vollkommen isotrop und geben nur sehr undeutliche Achsenbilder. Sie enthalten sehr viele Pyroxenmikrolithen als Einschlüsse, die sich im Zentrum anhäufen, während die Ränder frei von Mikrolithen sind (siehe Abb.5). Bei den Längsschnitten ergeben sich hantelförmig mikrolithfreie Gebilde (Sanduhrstruktur). Bei manchen Exemplaren ist dies so stark ausgebildet, daß sich die Mikrolithzonen in der Mitte beinahe berühren (siehe Abb.6). Bei großen Melilithkristallen ist mitunter Spaltbarkeit erkennbar (nach 001). An Basisschnitten wurde keine Spaltbarkeit beobachtet.

Die Melilithe sind praktisch immer idiomorph, als Zwickelfüllungen konnten sie nicht beobachtet werden, und heben sich in ihrer Größe etwas von der Grundmasse ab. Die Verteilung der Melilithe im Gestein ist schlierenartig, d.h. es gibt Zonen mit Anreicherungen von Melilith. Cumulate aus Melilith, Nephelin und Glas wurden manchmal im Vorkommen Blauer Stein beobachtet. In einem Dünnschliff vom Höwenegg konnte ein größeres Melilithcumulat (5 x 3 mm) gefunden werden.(siehe Vorkommen Höwenegg).
Zersetzungserscheinungen konnten häufig beobachtet werden. Zu Anfang der Zersetzung scheinen die Melilithe eine leichte Gelbfärbung anzunehmen. Früher wurden die Melilithe an dieser Gelbfärbung erkannt und aller anderer Melilith als Nephelin angesprochen. In manchen Dünnschliffen vom Vorkommen Steinröhren kann man mehrere Stadien der Umwandlung des Melliliths in eine Pseudomorphose beobachten. Der Melilith sieht zunächst angefressen und durchlöchert aus. Die umgewandelten Stellen sind gut kenntlich an ihrer höheren Doppelbrechung.
Im nächsten Stadium beobachtet man nur noch Relikte des frischen Melliliths und schließlich gibt es auch vollkommen umgewandelte Melilithe. Die Pseudomorphose ist hellgelblich und hat genau die Eigengestalt des Melliliths, unterscheidet sich jedoch optisch deutlich von ihm. Sie ist 1-achsig positiv, hat wesentlich höhere Doppelbrechung als der Melilith und niedrigere Lichtbrechung (ca.1,57-1,58). Sie hat keine anomalen Interferenzfarben.
Eine andere Art von Pseudomorphosenbildung des Melliliths ist eine wahrscheinlich oberflächliche Umwandlung in ein Gemenge von Tonmineralen. Der optische Charakter ändert sich ebenfalls von negativ nach positiv. Ähnliche Erscheinungen an Melilithen beschrieb L.LOHMANN (1964).
In der Nähe von Fremdgesteinseinschlüssen wurden frische Melilithe beobachtet, die von einer isotropen Zone umgeben sind. Ob es sich hier um eine Umbildung zu Glas oder um eine Zonarbildung handelt, ist nicht zu erkennen. Auf jeden Fall hat das durch Fremdgesteinseinschlüsse veränderte Magma auf die Melilithe eingewirkt.

Alle Zersetzungsstadien sind von der Bildung der sogenannten Pflockstruktur begleitet. Auch an relativ frischen Melilithen kann manchmal eine Bildung von fahlartigen Spießen beobachtet werden, die bei Längsanschnitten vom Rand zur Mitte vorstoßen. Entlang der Mittellinie der Kristalle ist manchmal ein dunkler Saum zu beobachten.
Die Melilithe konnten optisch und röntgenographisch untersucht werden. Die optischen Untersuchungen wurden dadurch erschwert, daß die Melilithe gewöhnlich von Zersetzungsprodukten umkrustet sind, außerdem konnten wegen des undeutlichen Achsenbildes keine Schnittlagen zur Bestimmung von n_E ausgemacht werden. Die Brechungsindizes für n_o liegen zwischen 1,630 und 1,635. Der Melilith ist 1-achsig negativ. Ein negativer Melilith dieser Lichtbrechung paßt nur in die Gehlinit- Na-Melilith Reihe. Aus dem Diagramm von NURSE und MIDGLEY würden sich 38 - 44 Mol% Na-Melilith ergeben. Die Doppelbrechung ist dort jedoch mit ca. 0,11 angegeben, was wesentlich zu hoch für die vorliegenden Melilithe wäre. Der Na-Gehalt würde zwischen 9,5% und 11,0% liegen. Ein Vergleich mit vorliegenden Analysen und den zugehörigen Brechungsindizes (aus DEER, HOWIE, ZUSSMANN, 1966) läßt auf niedrigeren Na_2O-Gehalt schließen.
Aus dem Melilithkonzentrat vom Hohenstoffeln konnten röntgenographisch folgende Reflexe dem Melilith eindeutig zugeordnet werden.

d(A)	I/I_1	hkl
3.706	20	111
3.076	32	201
2.864	100	211
2.414	16	221
2.388	26	102
1.758	22	411
1.755	22	312

Der intensitätshöchste Reflex wurde für einige weitere Vorkommen ermittelt.

	d(A)	I/I_1
Homboll	2.861	100
Höwenegg	2.862	100
Riedheim	2.863	100

Röntgenographisch sind die Melilithe kaum voneinander unterschieden. Der intensitätshöchste Reflex liegt zwischen 2.861 und 2.864 und befindet sich damit im Bereich der Reflexe 2.85 für Gehlenit und 2.87 für Åkermanit. Nach J. de NEUFVILLE und J.F.SCHAIRER (1961) läßt sich der Akermanitgehalt nach dem intensitätshöchsten Reflex (211) bestimmen. Es ergeben sich danach für die ermittelten Reflexe 60-65 Gew% Åkermanit. Dies würde bedeuten, daß die aus den optischen Daten ermittelten Na-Melilithgehalte etwas zu hoch liegen. Allerdings ist die Bestimmungsgenauigkeit nicht sehr groß, da schon ein Fehler von 0,02° in 2θ einer Änderung von 7 Gew% Åkermanit entspricht. Zum Vergleich sollen hier die von J.F.SCHAIRER, H.S.YODER, Jr., und C.E.TILLEY (1965) in Gew% angegebenen Melilithkomponenten zweier Melilithe aufgeführt werden. Es sind dies der Melilith des Sugarloaf, Honolulu, Hawaii (1) und der des Iron Hill, Colorado (2):

1) Åkermanit 63,2 Na-Melilith 32,7 Gehlenit 4,1
2) Åkermanit 65,4 Na-Melilith 31,7 Gehlenit 2,9

Die Variationsbreite läßt sich nach den optischen Daten aus der Gehlenit- Na-Melilith-Reihe NURSE und MIDGLEY (1953) mit 6 % Na-Melilith angegeben. Sie wird durch die röntgenographischen Ergebnisse bestätigt.
Die Korngröße des Meliliths sowie die Ausbildung seiner Form sind genauer untersucht worden. Es wurde ein Korngrößendiagramm (Fig.8) mit Intervallen von 25 µ und ein Durchmesserverhältnisdiagramm angefertigt. Es sind nur die Extremwerte aufgeführt worden.
Aus dem Korngrößendiagramm erkennt man, daß die Korngrößen in den einzelnen untersuchten Vorkommen stark schwanken. So sind die Melilithe des Vorkommen Riedheim schon um 40 µ sehr zahlreich, während sie beim Hohenstoffeln erst über

100 μ eine ähnliche Häufigkeit erreichen. Die anderen Vorkommen liegen zwischen den beiden erwähnten; so haben der Höwenegg und der Haslen bei 60 μ und der Homboll bei 90 μ ein ausgeprägtes Maximum. Die meisten Vorkommen haben ein kleines Nebenmaximum (zwischen 140 μ und 180 μ), das im Vorkommen Haslen besonders ausgeprägt ist. Ob man hier

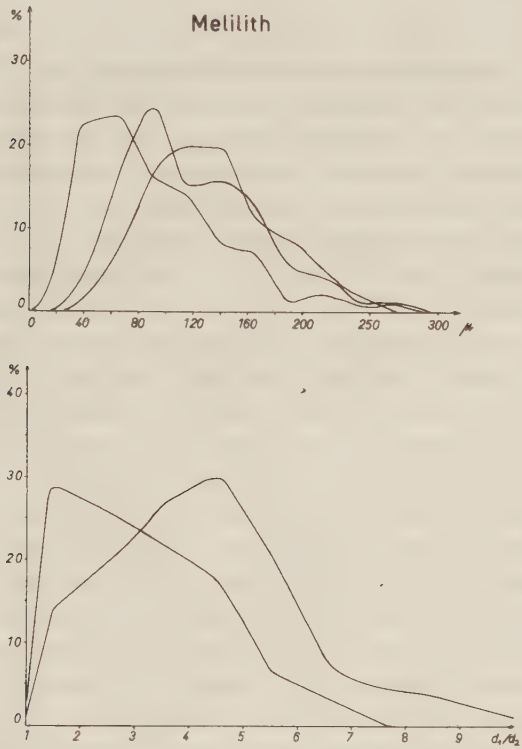

Fig.8: Korngrößen- und Durchmesserverhältnisdiagramm des Meliliths

jedoch schon von zwei Generationen sprechen kann, soll dahingestellt bleiben, zumindest deutet es sich an.
Aus dem Durchmesserverhältnisdiagramm ist eine deutliche Langstenglichkeit der Melilithe abzulesen. Eine Ausnahme macht der Höwenegg, bei dem ein großer Teil relativ kurzstengelig ist. Es muß hier jedoch gesagt werden, daß die

Langstengligkeit wegen der tafeligen Ausbildung der Melilithe vorgetäuscht wird. Man kann aus diesem Diagramm jedoch erkennen, ob die Melilithtafeln in einem Aufschluß besonders dünntafelig sind oder mehr dicktafelig auftreten, z.B. dürften die Melilithe des Höwenegg wesentlich dicktafeliger sein als die von Riedheim.

4.4. Nephelin

Die Zwickelfüllungen des sperrigen Gitterwerks der Grundmassepyroxene bestehen hauptsächlich aus Nephelin und Glas. Im Dünnschliff ist der Nephelin farblos und durch seine geringe Doppelbrechung vom Glas unterscheidbar. Die Querschnitte sind unregelmäßig, manchmal quadratisch.
Bisweilen bildet der Nephelin zusammenhängende Partien (bis zu 1mm Länge), die sich lokal zu regelrechten Nephelinschlieren ausweiten können. Nephelinschlieren im Großformat wurden am Hohenstoffeln und am Hohenhöven beobachtet. Zuweilen kommen rundliche Gebilde (Cumulate), die aus Nephelin, Glas und Melilith bestehen, vor. Manchmal sind diese Gebilde im Innern nur von Glas ausgefüllt; der Nephelin sitzt dann in den Außenpartien.
Oft sind die Nepheline von Apatitnadeln durchspickt.
Der Nephelin ist in den Dünnschliffen normalerweise frisch. Nur in der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln sowie in den Vorkommen Pfaffwiesen Nord und Hohenhöven konnte beginnende Zersetzung beobachtet werden. Von Spaltrissen aus oder von außen her reichen dicke farblose Spieße ins Innere des Nephelins (wahrscheinlich Zeolithe), ähnlich wie bei der Pflockstruktur der Melilithe. An manchen Stellen sind die Zeolithe voll ausgebildet und nur noch Relikte vom Nephelin vorhanden.
Eine Streifung in den Nephelinen ist selten, nur beim Vorkommen Höwenegg häufig. Da im Röntgendiagramm kein Kalsilit festgestellt werden konnte, dürfte diese Streifung von beginnender Zersetzung der Nepheline herrühren. Manche Nepheline werden von einer dünnen rotbraunen Schicht umgeben; es handelt sich wahrscheinlich um eine Eisenhydroxidbildung.

Der Nephelin wurde optisch, röntgenographisch und chemisch untersucht. Chemisch analysiert wurde die Nephelinprobe aus der Nephelinschliere des Hohenstoffeln. Die Analysendaten sind in Tabelle 11 unter dem Vorkommen Hohenstoffeln angegeben. Vernachlässigt man den H_2O-Gehalt und berechnet den CO_2-Gehalt als $CaCO_3$ Verunreinigung, so ergibt sich folgende Formel:

$$K_{0,247}Na_{0,595}Ca_{0,004}\square_{0,154}(Al_{0,884}Fe_{0,023}Si_{1,108}O_{4,000})$$

Der hohe CO_2-Gehalt läßt sich durch Verunreinigung des Konzentrats mit Calcit erklären, während der hohe H_2O-Gehalt sich wohl nur auf den nicht mehr ganz frischen Nephelin zurückführen läßt (Umbildung zu Zeolith).
An 8 Proben verschiedener Vorkommen wurde das K/Na-Verhältnis röntgenographisch (nach SAHAMA) mit Si als inneren Standard bestimmt.
Der röntgenographisch ermittelte K-Gehalt der Nepheline ist für die einzelnen Vorkommen in der Tabelle 24 aufgeführt und wird den optisch ermittelten Gehalten an Mol% Kaliophilit gegenübergestellt. Es zeigt sich, daß die

Tabelle 24. Röntgenographisch und optisch ermittelte Kaliophilitgehalte der Nepheline

Vorkommen	K/K+Na+Ca röntg.	Mol% Kp optisch	n_o	n_E
Höwenegg	31,3	24,0	1,544	1,540
Neuhöven	34,9	27,5	1,545	1,540
Hohenhöven	38,0	24,0	1,544	1,539
Hohenstoffeln	31,0	24,0	1,544	1,540
Nephelinschliere (Hohenstoffeln)	----	31,0	1,546	1,541
Pfaffwiesen Nord	30,2	20,5	1,543	1,538
Steinröhren	31,2	24,0	1,544	1,540
Blauer Stein	30,0	24,0	1,544	1,540
Riedheim	31,3	24,0	1,544	1,541

durch die Brechungsindizes (nach WINCHELL 1941) erhaltenen Kp-Werte um ca. 8Mol% niedriger liegen als die röntgenographisch erhaltenen Werte. Nach den optisch ermittelten Werten hat die Nephelinschliere vom Hohenstoffeln

den höchsten K-Gehalt, was auch durchaus plausibel ist. Der aus der Analyse ermittelte Wert von 29,2 dürfte wegen der nicht ganz frischen Probe etwas zu niedrig liegen. Es scheint so, als ob die optisch ermittelten Werte dem wahren Kaliophillitgehalten näher kommen als die röntgenographisch erhaltenen.
Die Hauptmenge des Nephelins liegt in seiner Größe zwischen 10 μ und 70 μ (Höwenegg). Wesentlich größer ist er in den Nephelinschlieren. Der Rundungsgrad ist, d.h. seine quadratische Form, noch höher als beim Magnetit.

4.5. Spinell

Wegen seines geringen prozentualen Anteils ist der Spinell im Dünnschliff nur selten zu beobachten, normalerweise nur als Einschluß in Olivin. In kleinen Exemplaren ist er dunkelbraun durchscheinend, in größeren opak. In den Konzentraten kommen praktisch nur Oktaeder von Spinellen vor. Sie sind schwarz. Die Spinelloktaeder sind z.T. sehr klein (< 1μ). Ihr Hauptanteil dürfte zwischen 5 - 10μ liegen. Es gibt jedoch auch Riesen unter ihnen mit über 100 μ Größe.
Die Spinellkonzentrate vom Haslen und Schachen enthalten Pyrit.
Vom Magnetscheider wurde das Konzentrat der Spinelle in einen magnetischen und einen weniger magnetischen Anteil zerlegt und chemisch analysiert.
Es ergaben sich die in Tabelle 25 angegebenen Analysen.

Tabelle 25. Analysen der Spinelle

	Höwenegg schw.M	Riedheim schw.M	Höwenegg stark M	Riedheim stark M
Al_2O_3	21,7	27,5	24,0	27,3
Fe_2O_3	10,1	8,8	13,6	8,2
FeO	14,4	15,3	15,8	15,1
MgO	10,7	12,9	11,5	13,1
Cr_2O_3	28,7	31,8	28,1	32,0
R St	14,0	3,0	7,0	3,0

	Höwenegg schw.M	Riedheim schw.M	Höwenegg stark M	Riedheim stark M
Fe^{3+}	0,272	0,207	0,337	0,215
Al	0,915	1,011	0,931	1,000
Cr	0,812	0,784	0,732	0,786
Fe^{2+}	0,431	0,399	0,435	0,392
Mg	0,626	0,599	0,564	0,607

Die bis zu 14 % betragenden Rückstände in den Analysen lassen die Vermutung zu, daß sich im Spinell eine unlösliche Komponente befindet. Untersuchungen an Anschliffen ergaben jedoch keine Aufklärung, da keinerlei Entmischungstrukturen erkannt wurden.
Nach TRÖGER (50) lassen sich die Spinelle als Picotite bestimmen.
Durch die Aufbereitungsart des Spinells konnten leicht die prozentualen Spinellanteile im Gestein ermittelt werden. Verluste bei dieser Isolierung wurden mit einkalkuliert. In der Tabelle 26 sind die Vol. % Spinellanteile des Gesteins für die einzelnen Vorkommen in Promill angegeben.

Tabelle 26. Spinellgehalt des Gesteins in Promill

Pfaffwiesen Nord	348 ‰	Homboll	107 ‰
Schopfloch	315 ‰	Hohenstoffeln	63 ‰
Pfaffwiesen Süd	205 ‰	Höwenegg	60 ‰
Haslen	195 ‰	Neuhöven	23 ‰
Riedheim	194 ‰	Hohenhöven	16 ‰
Schachen	181 ‰	Steinröhren	6 ‰
Sennhof	148 ‰	Blauer Stein	1 ‰

Der Spinellanteil ist in den meisten kleineren Vorkommen hoch. Die großen Vorkommen Höwenegg und Hohenstoffeln haben dagegen einen wesentlich niedrigeren Gehalt, während Hohenhöven und Neuhöven sehr wenig Spinell führen. Extrem niedrige Werte wurden bei den etwas abseits im Randen liegenden Vorkommen Blauer Stein und Steinröhren erhalten.

Trägt man die Höhenlage der Vorkommen gegen den Promillgehalt an Spinell auf, so kann man eine generelle

Abhängigkeit zwischen den Höhenlagen und den Spinellgehalten feststellen. Größere Abweichungen sind in kleinen Aufschlüssen (Pfaffwiesen Nord, Pfaffwiesen Süd und Sennhof) und in gangartigen Vorkommen (Schopfloch, eventuell Haslen) zu verzeichnen. Es zeigt sich dabei, daß der Spinellgehalt um so höher ist, je tiefer der Anschnitt im basaltoiden Gesteinspfropfen liegt.
Der verschiedene Spinellgehalt kann demzufolge mit einer Absaigerung der großen Spinelle vor allem in den großen Vorkommen erklärt werden. In gewissem Umfang ist auch eine unterschiedliche Spinellieferung aus der Magmenkammer in Betracht zu ziehen.

4.6. Perowskit

Der Perowskit ist gewöhnlich körnig. Er ist rehbraun bis dunkelrotbraun. In Körnerpräparaten wurde er nicht entdeckt. Selten beobachtet man ihn im Dünnschliff. Nur in melilithreichen Schlieren ist auch der Perowskit häufiger.
In den Spinellkonzentraten kommt er nicht vor, obwohl er sich in diesen Konzentraten anreichern sollte. Es wird daher angenommen, daß sich der Perowskit entgegen den Angaben der Lehrbücher in Flußsäure löst.
Da ein titanreiches, stark unterkieseltes Magma vorliegt, sind die Bedingungen für die Perowskitbildung gegeben. Der Perowskitgehalt ist jedoch so gering, daß er auf den Titangehalt des Magmas nur unwesentlichen Einfluß hat.

4.7. Magnetit

Der Magnetit kommt praktisch nur in rundlichen Körnern vor. Er ist stark magnetisch. Im Dünnschliff ist er opak. Untersuchungen in Anschliffen weisen ihn als homogenes Mineral ohne Entmischungslamellen aus. Eine Probe vom Hohenstoffeln wurde chemisch analysiert. Sie ist in der Tabelle 11 unter Vorkommen Hohenstoffeln angegeben.
Es ergibt sich die Formel:

$$(Fe^{2+}_{0,731}Mg_{0,338})(Fe^{3+}_{0,536}Cr_{0,131}Al_{0,897}Ti_{0,286})\ O_{4,000}$$

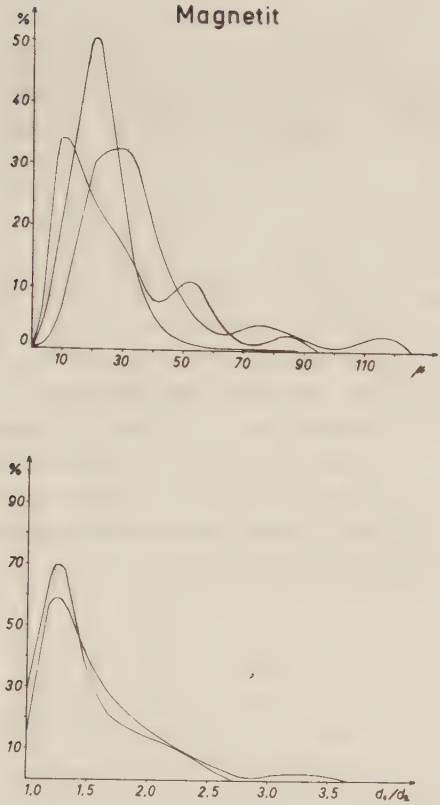

Fig.9: Korngrößen- und Durchmesserverhältnisdiagramm des Magnetits

Nach TRÖGER (50) dürfte es sich hiermit um einen Cr- und Ti-haltigen Ferripleonast handeln. Bei der beschriebenen Art der Anreicherung ist eine Verunreinigung nicht ganz auszuschließen, wenngleich das Fehlen von SiO_2 in den chemischen Analysen für ein reines Material spricht. Röntgenographisch sind alle Magnetite gleich. In der Fig.9 sind ebenfalls wie z.B. beim Olivin nur die Extremwerte der untersuchten Vorkommen eingetragen. Für das Korngrößendiagramm wurden Intervalle von ca. 10 μ gewählt.
Die Korngrößenuntersuchungen ergeben, daß der Magnetit hauptsächlich zwischen 10 μ und 50 μ vertreten ist. Beim Blauen Stein und Homboll gibt es kleine Nebenmaxima, denen jedoch keine zu große Bedeutung beigemessen werden.

darf. Der Rundungsgrad des Magnetits ist sehr gut. Idiomorpher Magnetit wurde nicht beobachtet. Die Frage, ob es zwei Generationen von Magnetit gibt, kann also nicht beantwortet werden.

4.8. Biotit

Biotit ist in jedem Vorkommen vorhanden. Besonders reichlich in der Probe Neuhöven. Er sieht rotbraun aus, was auf hohen TiO_2-Gehalt schließen läßt. Seine Dichte liegt zwischen 3,15 und 3,30, seine Lichtbrechung ist für $\frac{n_z + n_y}{2} = 1{,}674$, 2V beträgt 20° - 30°. Es it ein Lepidomelan.
Für das basische Gestein ist es ein sehr Fe-reicher Biotit. Es wird daher angenommen, daß er eine Restkristallisation darstellt, also eine späte Bildung ist.

4.9. Apatit

Ein Mineral, daß hauptsächlich in langstengeliger spießiger Form vorliegt und meistens vom Nephelin eingeschlossen wird, ist farblos, 1-achsig (gerade Auslöschung) und hat geringe Doppelbrechung. Es könnte sich hier um ein Phosphormineral handeln, denn in den Gesamtanalysen des Gesteins wird durchschnittlich 0,8 % P_2O_5-Gehalt angegeben. Dies ergäbe z.B., wenn alles P_2O_5 zu Apatit verrechnet würde, einen Apatitgehalt von ca. 2 %.
Aus Körnerpräparaten konnte in den Vorkommen Blauer Stein und Steinröhren ein Mineral optisch bestimmt werden, daß dem Apatit sehr ähnlich ist. Es ist 1-achsig negativ, meistens anomal 2-achsig mit 2V bis zu 20°. Die Lichtbrechung ist für $n_o = 1{,}678$, die Doppelbrechung ist sehr gering. Die Lichtbrechung ist für Apatit etwas zu hoch. Man könnte dies Mineral jedoch als Chlorapatit mit 3 % - 4 % Gehalt an Seltenen Erden bezeichnen (nach TRÖGER 1951). Eindeutig bestimmt werden konnte der Apatit nur in der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln. Er kommt dort in Kristallen bis zu 250 μ Größe vor. Er ist farblos bis hell-

gelb, langstengelig und idiomorph, löscht auf den Prismenflächen gerade aus und ist 1achsig negativ, jedoch oft anomal 2achsig. Seine Lichtbrechung ist n_o= 1,638 , n_E= 1,635. Es dürfte sich also um einen Fluorapatit handeln. Die Röntgendaten sind:
d 2.810, 2.714, 3,443; I 100 76 65

Es liegt hier scheinbar eine Entwicklung vom Chlorapatit des Gesteins zum Fluorapatit der Schliere vor.

4.10. Glas

Das Glas der Gesteine ist meistens hellbraun, im Dünnschliff farblos. Normalerweise ist es zeolithisiert oder in Montmorillenit umgewandelt, nur selten isotrop. In den einzelnen Dichtefraktionen von 1,9 - 2,7 konnte je nach Umwandlungsgrad ein ganzes Spektrum von Gläsern festgestellt werden. So gibt es sehr leichte Gläser (D <2,18). Sie sind häufig isotrop. Es dürfte sich dabei um montmorillonitisierte Gläser handeln. Bisweilen gibt es schwarze, fast opake Gläser. Sie sind durch feinzerstäubten Magnetit gefärbt. In den Dichtefraktionen 2,18 - 2,7 sind die Gläser ausnahmslos zeolithisiert und haben eine Lichtbrechung mit einem Streubereich von 1,470 und 1,495.
Von einem praktisch isotropen Glas konnten einige 100 mg isoliert und chemisch analysiert werden.

SiO_2	44,5
TiO_2	0,5
Al_2O_3	12,0
Fe_2O_3	8,6
MnO	0,05
MgO	7,9
CaO	5,4
Na_2O	0,5
K_2O	1,3
P_2O_5	0,10

Wegen zu geringer Substanzmenge sind FeO, H_2O und CO_2 nicht bestimmt worden, nach Angaben des Analytikers jedoch vorhanden.

Vergleicht man die Analyse mit der Gesamtanalyse vom Höwenegg, so erkennt man, daß eine geringe Zunahme im Al_2O_3-Gehalt sowie eine starke Zunahme im Fe_2O_3-Gehalt im Glas vorhanden ist. Außerdem ist eine starke Abnahme im MgO und im CaO-Gehalt zu verzeichnen (Pyroxen-Bildung). Geringe Abnahme von K_2O und starke Abnahme von Na_2O läßt sich auf die Ausscheidung von Nephelin im Endstadium der Kristallisation zurückführen.
Auch die starke Abnahme von TiO_2 läßt sich mit bevorzugten Einbau in Magnetit und Pyroxen erklären.
Der SiO_2-Gehalt ist relativ niedrig und damit das Glas nicht sauer, sondern basisch, wie es bei alkali-olivinbasaltischer Entwicklung zu erwarten ist.

4.11. Kluftminerale

Als Kluftmineral tritt besonders häufig Calcit auf. In stark verwitterten Gesteinen überwiegt er, da in diesem Stadium das Gestein selbst, d.h. die Olivinpseudomorphosen u.a. aus Calcit bestehen und sogar die Zeolithe calcitisiert sind. Der Calcit zeigt scheinbar das Endstadium der Umwandlung aller Minerale des Gesteins an. Als weiteres Kluftmineral tritt der Aragonit auf. Häufig sind ebenfalls die Zeolithe, die wohl bevorzugt auf Klüften und in Drusenhohlräumen auftreten und im Gestein als Umwandlungsprodukte einiger Minerale vorkommen. Als primäre Bildung im Gestein konnten sie außer in der Nephelinschliere vom Hohenstoffeln, nirgends beobachtet werden. An Zeolithen kommen vor: Chabasit, Analcim, Natrolith und Thomsonit. Als Kluftfüllung wurden Calcit, Nontronit,Kaolin und ein saponitähnliches Montmorinmineral erkannt.

3.12. Unbekanntes Mineral

Das Mineral wurde selten beobachtet, am häufigsten im Vorkommen Haslen in den Pyroxenkonzentraten der Fraktion 0,2-0,4 mm. Es sollte also praktisch als Einsprengling vorkommen, konnte jedoch in Dünnschliffen nicht gefunden werden.

Es sind braune glasklare Körner mit muscheligem Bruch, in dünnen Schichten sind sie farblos. Sie sind 2-achsig negativ, 2V ist wahrscheinlich größer 50°. Es konnten 2-achsige Bilder praktisch nicht erhalten werden, meistens wurde nur ein Hyperbelarm beobachtet. Es wäre also möglich, daß die Kristallform der vom Monticellit ähnelt.
Idiomorphe Kristalle wurden nicht beobachtet.
Sie löschen gerade aus. Die Brechungsindizes sind:

$$n'_z = 1{,}690 \quad ; \quad n'_x = 1{,}680$$

Die Doppelbrechung scheint nicht hoch zu sein. Gegen HCl und NaOH sind sie resistent, also wesentlich resistenter als Olivin.
Eine Debye-Scherrer Aufnahme ergibt folgende Reflexe:

2θ	I	d	2θ	I	d
28,45	8,5	3.1371	56,90	3,0	1.6182
30,00	5,5	2.5785	60,80	2,5	1.5234
30,55	5,0	2.9261	62,35	5,5	1.4892
31,30	6,5	2.8577	63,20	3,75	1.4712
33,25	3,0	2.6944	65,65	3,75	1.4221
35,65	10,0	2.5183	67,10	3,0	1.3949
36,60	1,0	2.4551	72,45	2,5	1.3045
42,85	4,8	2.1104	92,0	2,5	1.0717
44,80	4,2	2.0230	94,0	2,5	1.0541
46,35	4,8	1.9589			

Die Intensitäten wurden geschätzt.
Das Mineral wurde in den Vorkommen Haslen, Homboll, Pfaffwiesen Süd, Pfaffwiesen Nord, Höwenegg, Hohenstoffelr, Neuhöven, Hohenhöven und Schopfloch gefunden.
Da das Mineral im Dünnschliff nicht beobachtet werden konnte, wäre es möglich, daß es aus Fremdgesteinseinschlüssen stammt.
Nach optischen Daten könnte es sich um einen Fe-Monticellit handeln.

5. Inhomogenitäten innerhalb der Melilith-Nephelinite

Das homogene Gestein, das in den vorhergehenden Kapiteln besprochen wurde, ist an manchen Stellen von Inhomogenitäten verschiedenster Art durchsetzt. Sie sind relativ selten und konnten daher im Rahmen dieser Arbeit nicht umfassend bearbeitet werden.

Die Inhomogenitäten können durch magmeneigene Produkte oder aber auch durch Fremdgestein bedingt sein. So gibt es als magmeneigene Produkte Cumulate von Olivin, als magmenfremde Inhomogenitäten Fremdgesteinseinschlüsse. Im mikroskopischen Bereich treten häufig Pyroxenanhäufungen sowie in der Korngröße sich deutlich vom normalen Gestein abhebende Zonen von Pyroxen, Nephelin und relativ viel Magnetit auf. Es handelt sich wohl um Stellen, an denen kleine Körner von Fremdgestein vom Magma "verdaut" wurden.
Als magmaeigene wie auch durch Fremdgestein verursachte Bildungen können die Schlieren des Gesteins gedeutet werden.

5.1. Cumulate

Der Melilith-Nephelinit ist relativ arm an Cumulaten. Nur am Höwenegg hat es früher Partien gegeben, die ziemlich stark an Olivincumulaten angereichert waren. Sie bestehen aus Olivin, Klinopyroxen und Spinell. Der Hauptbestandteil der Cumulate ist der Olivin, der nicht idiomorph ausgebildet ist, sondern zackig begrenzt und z.T. mit anderen Olivinkörnern verzahnt ist.

5.2. Schlieren

Schlieren im mikroskopischen Bereich, wie sie beim Vorkommen Höwenegg beschrieben wurden, sind recht häufig. Sie stellen jedoch meistens nur geringe Anhäufungen einzelner Minerale dar und heben sich nicht besonders vom Gestein ab, während die makroskopischen Schlieren sich farblich deutlich vom normalen Gestein unterscheiden. So wurden am Höwenegg grünliche schlierenartige Gebilde gefunden, die aus farblosem Pyroxen, nur vereinzelt vorkommenden und dann meist zerbrochenem Olivin und einer zeolithischen Grundmasse bestehen. Randlich sind manchmal Gesteinsreste in die Schliere hineingezogen.
Weitere makroskopische Schlieren wurden ausführlich unter den Vorkommen Hohenstoffeln, Hohenhöven und Homboll beschrieben.

5.3. Fremdgesteinseinschlüsse

Nur in den großen Steinbrüchen vom Höwenegg und vom Hohenstoffeln konnten Fremdgesteinseinschlüsse gesammelt werden. Sie sind relativ selten. Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich, diese Fremdgesteinseinschlüsse eingehend zu untersuchen. Trotz dieser Einschränkungen sind dennoch über 90 % aller Fremdgesteinseinschlüsse erfaßt und weitgehend charakterisiert worden, denn sie sind auf wenige Typen beschränkt.

5.3.1. Grundgebirgseinschlüsse

Es sind kugelige bis flach scheibenförmige Einschlüsse, deren größter Durchmesser bis 15 cm erreicht. Die Kontaktzone zum Melilith-Nephelinit ist eine braune glasige Masse, die selten dicker als 1 mm ist. Die Einschlüsse selbst sind weißbraun gesprenkelt.
Der Mineralbestand der überwiegenden Anzahl der Einschlüsse dieser Art ist: Orthoklas, Kaolinit und Glas, daneben kommen manchmal Mikroklin, Chlorit und Calcit in ihnen vor. Tridymit konnte bei einigen Einschlüssen röntgenographisch nachgewiesen werden.
Eine zweite Art von Grundgebirgseinschlüssen führt neben Orthoklas, Quarz und wenig Glas, Analcim und Chlorit. Der Quarz tritt mengenmäßig sehr unterschiedlich auf, meistens ist er jedoch Hautpbestandteil des Gesteins.
Der Glasanteil kann in beiden angeführten Grundgebirgseinschlußtypen beträchtlich sein. Nach dem Mineralbestand dürfte es sich zumindest im jetzigen Zustand um Alkalisyenite bzw. Alkaligranite handeln.

5.3.2. Sedimentgesteinseinschlüsse

Eindeutig als sedimentäre Einschlüsse konnten Sandsteine erkannt werden. Die Einschlüsse sind weißgrau und bisweilen von dunklen wolkigen Schlieren durchzogen. Sie sind außerordentlich hart. Gegen den Melilith-Nephelinit werden sie durch eine relativ dicke grüne Glasschicht abgetrennt. Das

Glas ist vollkommen isotrop und wird bisweilen von Pyroxenmikrolithen durchspickt. Die Lichtbrechung des Glases liegt bei n = 1,510.
Die Sandsteineinschlüsse bestehen oft zu 90 % aus Quarz. Die Quarzkörner sind z.T. gefrittet. Noch vorhandene Zwickelfüllungen bestehen aus farblosen wirrfaserigen Aggregaten, die nicht identifiziert werden konnten. Röntgenographische Aufnahmen zeigen nur Reflexe vom Quarz und Spinell. Einschlüsse, die äußerlich den genannten gleichen, enthalten wesentlich weniger Quarz (ca. 20 %). Die Quarze schwimmen in einer feinfaserigen farblosen Grundmasse, die hauptsächlich aus einem wasserhaltigen nicht identifizierbaren silikatischen Mineral bestehen. Manche Quarze gehen praktisch in die feinkörnige Grundmasse über.
Eine weitere Art von Einschlüssen sind braune hornsteinartige Knollen, die überwiegend aus Analcim bestehen, daneben Kaolinit, Glas, wenig Albit und Calcit führen. Der größte Durchmesser dieser Knollen beträgt nur einige cm.

Selten findet man hellgraue Einschlüsse, die in einer hellgrauen Grundmasse Pyroxen- und Nephelineinsprenglinge aufweisen. Pyroxenanhäufungen, die vom Rand aus taschenartig in den Einschluß greifen, sowie Pyroxenanhäufungen im Einschluß selbst konnten beobachtet werden. Die Pyroxene des Einschlusses sind farblos, es dürfte sich um Diopside handeln.

5.3.3. Veränderungen des Magmas und der Fremdgesteinseinschlüsse bei gegenseitiger Beeinflussung

Es sollten sowohl Einwirkungen des Magmas auf die Fremdgesteinseinschlüsse als auch umgekehrt Einwirkungen des magmenfremden Materials auf das Magma auftreten. In beiden Fällen konnte eine Beeinflussung festgestellt werden.
Die Fremdgesteinseinschlüsse gelangten in ein über 1000° C heißes Magma und wurden etwa auf die Temperaturen des Magmas aufgeheizt. Sie kamen also in die Bedingungen der Sanidinitfazies, d.h. sehr hohe Temperaturen und niedriger Druck, wobei der Druck für die Grundgebirgseinschlüsse

anfangs höher war als für die Sedimenteinschlüssen. So zeigen die Grundgebirgseinschlüsse auch besonders stark Aufschmelzungserscheinungen, denn die Feldspäte und die Quarze schwimmen z.T. in einer Grundmasse aus Glas. Wahrscheinlich ist der Quarz in den quarzfreien Grundgebirgseinschlüssen aufgeschmolzen worden. Die Grundgebirgseinschlüsse der Deckentuffe sind z.B. durchweg quarzreich, so daß die beiden oben beschriebenen Grundgebirgstypen sicherlich zu einem Ausgangsgestein, einem Alkaligranit, gehören dürften.
An Mineralneubildungen wurden in den Fremdgesteinseinschlüssen Tridymit, Diopsid und Analcim gefunden.
Die Einwirkungen der Einschlüsse auf das Magma sind sehr gering. Nur in nächster Umgegung eines Einschlusses konnten Veränderungen im Mineralbestand festgestellt werden. Der Melilith-Nephelinit besteht nur aus Pyroxen und Nephelin, wobei die Pyroxenkristalle meistens größer sind als im normalen Gestein. Der Melilith fehlt hier. Er tritt normalerweise erst in 2 cm oder größerem Abstand vom Einschluß auf, und zwar ist er zunächst oft stark zersetzt, oder z.T. von Glas umgeben. Erst in weiterer Entfernung vom Einschluß ist der Melilith normal frisch. Eine Ausnahme machen nur die analcimreichen Einschlüsse. Sie üben scheinbar keinen Einfluß auf das Nebengestein aus. Der Melilith ist in ihrer nächsten Umgebung normal frisch und normal häufig.

5.4. Kluftfüllungen

Am Höwenegg kommen an manchen Stellen recht häufig grüne bröckelige Kluftfüllungen vor. Sie bestehen zu über 50 % aus Calcit, dazu aus Nontronit und einem saponitähnlichen Montmorinmineral. Ähnliche Kluftfüllungen, die jedoch braun und rotbraun aussehen, bestehen aus Calcit (60 %), Nontronit und Goethit.
Zum Teil bis zu 10 cm breite Spalten des Gesteins, die von scharfkantigen Gesteinsbruchstücken gefüllt waren, wurden sinterartig von Calcit verheilt. Zwischen Gestein und Kluftausfüllung befindet sich eine mehrere mm breite grünliche

Verwitterungsschicht. Wahrscheinlich ist die Kluft längere Zeit offen gewesen.
Die Kluftminerale sind in Abschnitt 4.11. beschrieben worden.

6. Modaler Mineralbestand des Melilith-Nephelinits

Der modale Mineralbestand wurde mit einem Leitz-Integrationstisch ermittelt. Die einzelnen Dünnschliffe sind in verschiedenen Abständen mehrmals durchfahren worden. Außerdem wurde darauf geachtet, daß möglichst viele Dünnschliffe aus verschiedenen Stellen eines Aufschlusses integriert wurden, um einen repräsentativen Querschnitt des modalen Mineralbestandes eines jeden Vorkommens zu erhalten. Die Einsprenglinge und die Grundmasse wurden gesondert integriert.
Folgende Fehlerquellen sind zu berücksichtigen:
1. Für ein Mineral, das selten vorkommt, kann nicht ein genauer Wert ermittelt werden, es sei denn, man erhöht die Länge der integrierten Strecke beträchtlich (dem jeweiligen Vol% des akzessorischen Minerals angepaßt). Der Arbeitsaufwand steht jedoch in keinem Verhältnis zum Nutzeffekt.
2. Die höher lichtbrechenden Minerale überlappen die niedriger lichtbrechenden Minerale und damit wird die Korngrenze zugunsten der höher lichtbrechenden Minerale verschoben.
Für die untersuchten Gesteine gab es das Problem der Trennung von Glas und Nephelin. Als Nephelin wurden alle schwach doppelbrechenden Körner mit niedriger Lichtbrechung integriert, dazu isotrop erscheinende Körner, die sich eindeutig als Nephelin nachweisen ließen. Der Nephelingehalt eines Gesteins ist also nie zu hoch angegeben, sondern immer zu niedrig und es ist daher gut möglich, daß sich in dem einen oder anderen Vorkommen einige Prozente Nephelin im Glas verbergen.
Eine Korrektur des integrierten Pyroxengehalts ist notwendig, da der Pyroxen als dunkles Mineral durch die farblosen Minerale hindurchscheint (hier Glas und Nephelin) und somit eine größere Verbreitung vortäuscht. Der Fehler hängt ein-

mal ab von der Dicke des Schliffes sowie von der Dicke des Pyroxens selbst. Es wird von der vereinfachten Annahme ausgegangen, daß der Fehler gleich null ist, wenn die Dicke des Schliffes und die des Pyroxens gleich ist. Nach der statistischen Verteilung dürfte der Pyroxen am häufigsten diagonal im Raum stehen, so daß nur die obere Hälfte, die über dem Pyroxen liegt, vom Pyroxengehalt abgezogen werden muß. Dicke der Pyroxene abgezogen von der Dicke des Schliffes, dividiert durch zwei, ergibt die Menge der vom Pyroxen farblich verdeckten hellen Minerale. Wird dieser Anteil prozentual ausgedrückt, wobei die Dicke des Schliffes gleich 100 % ist, so erhält man den prozentualen Fehler. Der so erhaltene Fehler wurde auf einer Kurve gegen

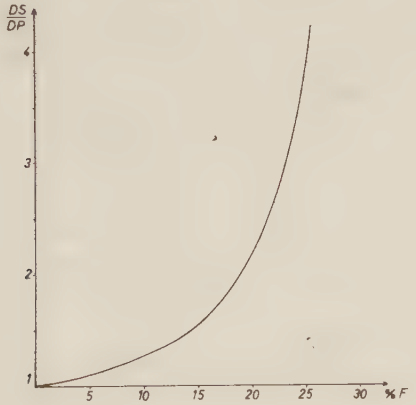

Fig.10: Fehlerkurve zur Ermittlung des wahren Pyroxengehaltes. DS = Dicke des Schliffes, DP = Dicke des Pyroxens, F = Fehler

den Quotienten Schliffdicke/Dicke der Pyroxene aufgetragen. Je größer das Verhältnis Dicke des Schliffes zu Dicke des Pyroxens ist, desto wahrscheinlicher ist eine Überanderlagerung einzelner Pyroxene. Daher ist die nach dem angegebenen Verfahren ermittelte Kurve noch nach Erfahrungswerten korrigiert worden. Aus dieser korrigierten Kurve (Fig.10) sind nun die prozentualen Fehler für die einzelnen Schliffe entnommen und der Pyroxengehalt korrigiert worden. Der von

den Pyroxenen abgezogene Teil wurde dem Nephelin und dem Glas zugeschlagen

Der Melilith wird wegen seiner anomalen Interferenzfarben kaum vom Pyroxen verdeckt, außerdem ist der Gehalt an Pyroxenmikrolithen im Melilith beträchtlich, so daß sich der Fehler ausgleichen sollte.

Eine ähnliche Korrektur der erhaltenen integrierten Werte sollte mit dem Magnetit angestellt werden. Da die Gehalte an Magnetit jedoch nur 5 - 10 % betragen, ist der Fehler sehr gering und es wurden daher keine Korrekturen angebracht. Der Magnetit dürfte also bis zu 2 % niedriger liegen als in Tabelle 27 angegeben wird.

Aus der Tabelle der modalen Mineralbestände kann man ersehen, daß die einzelnen Vorkommen, in ihrem modalen Mineralbestand nur wenig voneinander abweichen. Der Olivingehalt schwankt zwischen 14,9 - 22,1 Vol% und nur der Blaue Stein liegt mit 8,8 Vol% nicht innerhalb dieses Intervalls. Der Pyroxeneinsprengling hat ein Intervall von 0,5 - 8,2, der Grundmassepyroxen von 35,5 - 51,8, der Melilith von 4,6 - 16,1 , der Nephelin von 9,0 - 20,4 , das Glas von 4,2 - 16,0 , der Magnetit von 4,3 - 11,9 ,sowie der Mafitgehalt von 68,8 - 84,0.

Stark abweichenden modalen Mineralbestand haben die Melilith- und Nephelinschlieren. Sie bilden jedoch keine größeren Gesteinskomplexe und können daher nicht als selbständige Gesteine behandelt werden.

Im Laufe der Zeit hat sich der Namen des untersuchten Gesteins oftmals geändert, was wohl z.T. dem Nomenklaturwandel zuzuschreiben ist. So nennt sie MÖHL (1873) Nephelinbasalte, STELZNER (1883) melilithführende Nephelinbasalte GRUBENMANN (1886) Melilithbasalte, NIGGLI (1922) Melilithbasalt bis Melilith- Nephelinbasalte, LEOPOLD (1940) Nephelin-Melilith-Ankaratrite. In neuerer Zeit spricht man von Melilithit (ENGELHARDT und WEISKIRCHNER 1961) oder auch von Olivinmelilithit.

Nach dem ermittelten modalen Mineralbestand können die untersuchten Gesteine nicht weiterhin Melilithit oder Olivinmelilithit genannt werden, denn die Melilithite haben 90 - 100 % Mafitgehalt, der in keinem Vorkommen erreicht wird;

Tabelle 27. Modaler Mineralbestand der Melilith-Nephelinite

	S 12	S 10	S 8	S 6	S 7a	S 7b	S 4	S 7	S 9	S 3	S 1	Mittel
Olivin	16,5	14,9	18,8	18,0	8,8	15,0	17,2	19,3	22,1	21,5	22,0	17,8
Ainoer.-Pyr.	3,1	1,3	2,3	3,6	0,7	1,0	8,2	0,5	0,6	2,6	1,9	2,4
Grundmassepyr.	42,7	36,9	51,8	36,2	41,7	38,3	35,6	41,9	39,1	35,5	37,9	39,8
Melilith	4,7	7,8	4,6	7,8	4,8	4,8	12,9	7,7	16,1	10,8	10,4	8,4
Nephelin	20,4	16,4	13,3	18,7	14,7	14,2	9,0	22,0	15,3	21,6	17,8	15,2
Glas	6,0	12,6	4,2	7,1	16,0	14,6	7,6					9,7
Magnetit	6,6	9,2	4,3	7,7	11,9	11,1	9,3	8,1	6,8	7,4	9,6	8,4
Perowskit	0,2	0,7	---	0,3	0,5	0,3	---	0,4	---	0,4	0,2	0,3
Apatit	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	---	0,1	---	0,1	0,2	0,2
Melilithgehalt	73,3	71,0	82,1	74,2	68,8	70,8	83,4	78,0	84,0	78,4	82,2	77,0

S 12 = Höwenegg, S 10 = Neuhöven, S 8 = Hohenhöven, S 6 = Hohenstoffeln, S 7a = Blauer Stein, S 7b = Steinröhren, S 4 = Homboll, S 7 = Schachen, S 9 = Haslen, S 3 = Pfaffwiesen Nord, S 1 = Riedheim

Der Apatit ist in allen Vorkommen vorhanden; der Calcit tritt in wechselnden Mengen auf, liegt jedoch in allen Vorkommen dieser Tabelle unter 0,5 %. Der Spinell wird wegen seiner z.T. sehr geringen Gehalte in der Tabelle 26 gesondert aufgeführt.

außerdem soll der Melilithgehalt größer sein als der Pyroxengehalt, was ebenfalls in keinem Vorkommen zutrifft. Nach dem modalen Mineralbestand ist das Gestein ein Nephelinit, denn als einziges bedeutendes helles Mineral tritt der Nephelin auf, wobei der Mafitgehalt aller Gesteine unter 90 % liegt. Man sollte das Gestein Mela - Melilith - Olivin - Hyalo - Nephelinit nennen. Dieser Name charakterisiert das Gestein zwar sehr gut, aber er ist für den Sprachgebrauch zu umständlich. Es wurden daher folgende Beiworte vor dem Nephelinit gestrichen: Mela, weil der Nephelinit meistens dunkel ist, Olivin, weil er häufig im Nephelinit vertreten ist, und hyalo, weil die Glaskomponente nur sehr schlecht in ihrer wirklichen Größe gefaßt werden kann. Als einziges Beiwort wurde der Melilith nicht gestrichen, da er sehr selten in Nepheliniten vorkommt und außerdem ein

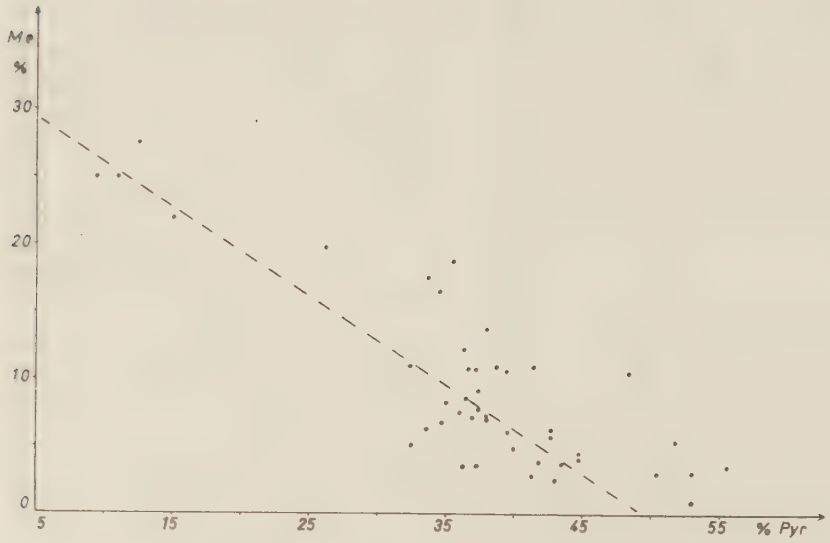

Fig.11: Die prozentuale Abhängigkeit zwischen Melilith und Pyroxen im Gestein

sehr wichtiger Bestandteil des untersuchten Gesteins ist. Das Gestein wurde daher Melilith-Nephelinit genannt.

Alle untersuchten Vorkommen gehören zum Melilith-Nephelinite.

Bei der Ermittlung der modalen Mineralbestände der einzelnen Vorkommen wurden Abhängigkeiten einzelner Minerale voneinander festgestellt. Es wurden daher aus den Werten der integrierten Dünnschliffe die Abhängigkeiten Melilith/Pyroxen und Melilith/Nephelin in ihren prozentualen Anteilen am Gestein dargestellt. In der Fig. 11 ist der Melilithgehalt gegen den Pyroxengehalt, in Fig. 12 der Melilithgehalt gegen den Nephelingehalt aufgetragen. Die gestrichelten Linien geben die Vertretbarkeit gegeneinander auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung an. Man sieht in Fig. 11, daß eine Abhängigkeit zwischen Melilith- und Pyroxengehalt gegeben ist und auch die geforderte Vertretbarkeit in der Natur

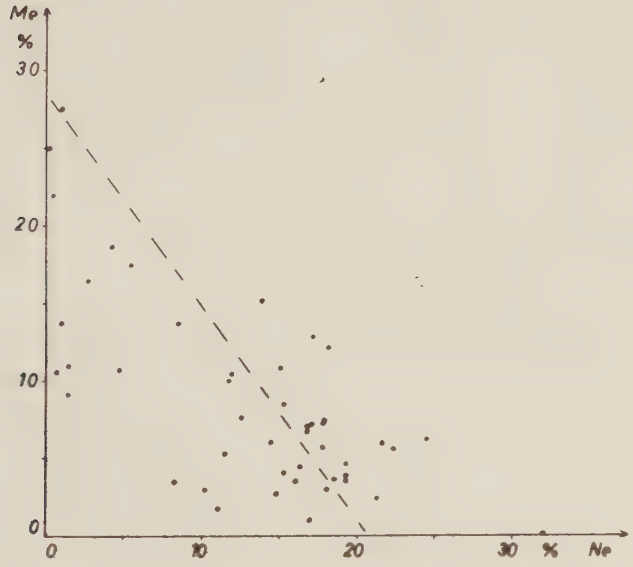

Fig.12: Die prozentuale Abhängigkeit des Melilith vom Nephelin im Gestein

ziemlich gut eingehalten wird. Die Vertretbarkeit von Nephelin durch Melilith ist ebenfalls vorhanden, wenn auch die theoretisch geforderte Vertretbarkeit nicht ganz so

gut wie zwischen Melilith und Pyroxen eingehalten wird, was z.T. wohl auch an der variablen Zusammensetzung der Nepheline liegt.
Man sieht also, daß der Nephelin- wie auch der Pyroxengehalt den Melilithgehalt entscheidend beeinflussen. Die Pyroxen- und die Nephelinkomponente liefern also bei gegenseitiger "Aufzehrung" den Melilith. Umgekehrt sollte sich Pyroxen und Nephelin bei der Auflösung von Melilith bilden können. Der zweite Fall scheint wegen der frühen Bildung des Melilithes vorzuliegen.

7. Chemismus der Melilith-Nephelinite

7.1. Auswertung der Gesteinsanalysen

In der Tabelle 28 sind die Niggli-Werte der Melilith-Nephelinite angegeben. Die Variationsbreite der chemischen Zusammensetzung aller Vorkommen ist nicht größer als die vom Höwenegg, was bedeutet, daß alle Vorkommen in ihrem Chemismus gleich sind. Das Mittel aller Analysen ergibt folgende Niggli-Werte:
si 68,4, al 10,2 , fm 57,0 , c 27,0 , alk 5,9 , ti 3,5 , p 0,65 , k 0,27 , mg 0,71 , qz 56,2.
Diese entsprechen in etwa einem ankaratritischen Magmatypus, der folgende Niggli-Werte hat:
si 75 , al 13 , fm 52 , c 27 , alk 8 , k 0,25, mg 0,6.
Das Magma der Melilith-Nephelinite muß daher als ankaratritisch bezeichnet werden.
Aus den negativen Werten des Sippenindexes $s = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$ nach A.RITTMANN (1960) ergibt sich eine stark bis extrem atlantische Sippe. Es liegt also ein ankaratritischer Magmentyp der atlantischen Sippe vor.
Der Magmencharakter läßt sich am besten an Hand des Murata-Diagramms bestimmen (Fig.13). Die Werte liegen alle zwischen 0,22 und 0,28 Al_2O_3/SiO_2. Dies bedeutet, daß es sich ziemlich sicher um ein alkali-olivin-basaltisches Magma handelt, denn die Grenze zwischen Tholeiit und Alkali-Olivin-Basalt wird etwa zwischen 0,15 bis 0,25 Al_2O_3/SiO_2 gelegt, wobei

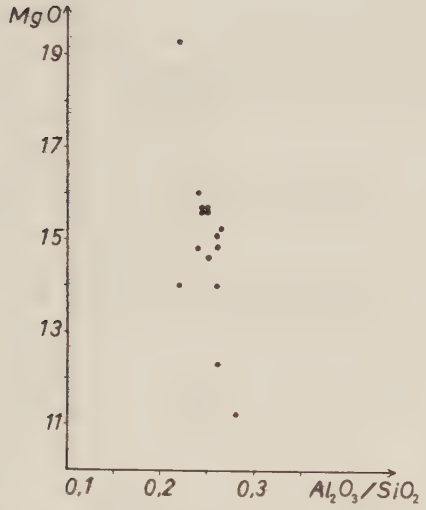

Fig.13: Murata - Diagramm

sich mit steigendem MgO-Gehalten diese Grenze zunächst von 0,15 nach höheren Al_2O_3/SiO_2 Werten verschiebt, um dann wieder auf 0,15 zurückzugehen.
Aus den $\mathcal{T}$ -Werten ($\mathcal{T} = \frac{Al_2O_3 - Na_2O}{TiO_2}$), die alle sehr niedrig liegen, (zwischen 1,89-4,16), läßt sich ableiten, daß es sich um ein simisches Magma handelt. Das Magma stammt also aus größeren Tiefen.

Im AFM-Diagramm (Fig.14) sind die Punkte der einzelnen Melilith-Nephelinite sowie eine Analyse eines Einschlusses vom Hohenstoffeln (1), der von SCHINZINGER analysiert und bei L. ERB (1931) veröffentlicht wurde, und eine aus dem Mineralbestand der Nephelinschliere errechneten Analyse (2) angegeben. Der von SCHINZINGER analysierte Einschluß dürfte mit ziemlicher Sicherheit aus einer Nephelinschliere stammen. Die Analyse ist in Tabelle 11 unter Vorkommen Hohenstoffeln angegeben.

Tabelle 28. Niggli - Werte der Melilith-Nephelinithe

Fundpunkte	si	al	fm	c	alk	ti	p	k	mg	qz	Analytiker
Neuhöven	61,9	8,5	59,0	26,5	6,0	4,1	----	0,32	0,67	-62,1	G.HEZNER,b.LEO. 40
Höwenegg	65,1	8,5	56,4	31,4	3,7	4,3	0,87	0,21	0,66	-49,7	G.LEOPOLD, 1940
Homboll	65,3	10,7	57,2	24,9	7,7	2,6	0,50	0,33	0,69	-65,5	W.WEISKIRCHNER, 19
Höwenegg NW	67,2	10,6	57,4	27,1	4,9	2,5	0,59	0,24	0,70	-52,4	W.WEISKIRCHNER, 19
Riedheim	68,0	9,0	63,8	22,2	5,0	3,3	0,50	0,28	0,76	-52,0	W.WEIBEL, 1967
Hohenstoffeln	68,2	10,3	55,8	27,0	6,9	4,1	0,60	0,21	0,69	-73,0	SCHINZINGER,b.LE
Höwenegg W	68,8	10,1	60,5	24,2	5,2	2,8	0,66	0,31	0,68	-52,0	W.WEISKIRCHNER, 19
Höwenegg B	69,3	9,8	59,9	25,6	4,7	3,3	0,72	0,30	0,70	-49,5	W.WEISKIRCHNER, 19
Haslen	69,5	11,5	49,8	32,5	6,2	3,9	0,70	0,30	0,66	-55,3	W.WEIBEL, 1967
Hohenhöven	70,3	10,7	57,8	24,3	7,7	3,3	0,43	0,26	0,72	-60,5	M.DITTRICH,b.LEO.4
Höwenegg	73,5	11,5	53,7	27,3	7,5	4,5	0,90	0,26	0,71	-56,5	W.WEIBEL, 1967
Homboll	73,9	11,3	52,4	30,5	5,0	3,8	0,70	0,26	0,67	-46,1	W.WEIBEL, 1967
Mittel	[illegible]	10,2	57,0	27,0	5,9	3,5	0,65	0,27	0,71	-56,2	

b.LEO. 40 = bei LEOPOLD 1940

Tabelle 29. Zahlenwerte für die AFM- und Murata-Diagramme

Analyse	A	F	M	Al_2O_3/SiO_2	MgO	s	τ
S 12-1	16,4	35,6	48,0	0,27	14,0	-8,2	2,92
S 12-2	10,0	39,3	50,7	0,24	15,97	-2,5	2,96
S 12-3	10,8	40,8	48,4	0,24	15,68	-2,8	3,59
S 12-4	10,5	39,7	49,8	0,27	15,26	-2,0	4,16
S 12-5	8,0	45,3	46,7	0,22	14,01	-0,95	2,02
S 10-1	13,4	41,9	44,7	0,24	14,83	-3,3	1,89
S 9-1	14,7	41,8	43,5	0,28	11,2	-1,3	2,96
S 8-1	15,8	35,5	48,7	0,24	15,60	-6,2	2,62
S 6-1	14,4	38,2	47,4	0,26	14,82	-4,5	2,29
S 4-1	11,5	41,4	47,1	0,26	12,3	-1,9	3,04
S 4-2	16,0	39,6	44,4	0,26	14,84	-4,9	3,51
S 1-1	10,4	31,9	57,7	0,22	19,3	-4,2	3,24
S 0-1	9,4	38,8	51,8	0,26	15,06	-1,5	2,76
S 0-2	7,4	40,7	51,9	0,25	15,69	-0,81	2,32

S 12-1 bis S 12-5 Höwenegg, S 10-1 Neuhöven, S 9-1 Haslen, S 8-1 Hohenhöven, S 6-1 Hohenstoffeln, S 4-1 bis S 4-2 Homboll, S 1-1 Riedheim, S 0-1 bis S 0-2 Wartenberg.

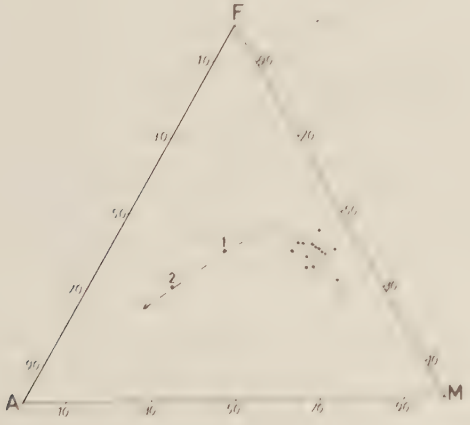

Fig.14: AFM - Diagramm

Tabelle 30. Katanorm-Berechnung aus den Gesteinsanalysen der Melilith-Nephelinithe

Analyse	Fo	Fa	Di	Ne	Kp	Ge	Anc	Cp	Ru	Mt	Hy	Or	En	Cs
S 12-1	15,9	1,1	34,9	13,7	5,1	10,3	4,0	1,6	1,7	4,1	6,0	1,5	----	---
S 12-2	20,1	1,5	30,6	9,0	3,0	11,7	4,0	1,9	1,7	5,5	6,0	2,5	2,4	---
S 12-3	18,3	1,2	26,9	8,4	2,1	12,7	4,0	1,8	1,5	7,0	4,7	5,0	6,4	---
S 12-4	13,3	1,4	30,4	9,0	2,5	15,0	4,0	1,6	1,4	7,8	1,2	2,2	10,4	---
S 12-5	13,3	6,4	40,3	9,1	2,4	12,2	---	2,2	2,2	5,9	---	---	---	6,1
S 10-1	18,8	3,9	32,0	14,2	6,5	6,6	---	---	2,2	7,7	---	---	---	7,7
S 9-1	4,4	0,3	17,8	8,4	2,0	14,7	8,0	2,0	2,1	6,8	5,9	7,0	21,2	---
S 8-1	18,6	1,4	37,6	14,9	5,5	6,2	4,0	1,1	1,7	7,4	---	1,5	---	---
S 6-1	16,0	5,3	39,1	17,1	4,7	8,7	---	1,7	2,1	5,5	---	---	---	---
S 4-1	2,8	0,5	26,1	5,8	1,5	16,1	8,0	1,8	2,0	6,2	4,8	4,0	20,4	---
S 4-2	16,3	1,4	39,8	15,6	8,3	6,5	1,2	1,4	1,4	8,9	---	---	---	---
S 1-1	26,0	1,2	18,8	9,4	2,0	11,3	4,0	1,4	1,5	3,8	4,0	4,6	12,4	---
S 0-1	13,8	1,5	30,2	7,1	2,0	16,8	4,0	1,2	2,1	6,0	3,2	2,5	9,6	---
S 0-2	11,2	1,3	27,8	5,8	1,5	16,6	4,0	1,9	2,4	8,4	0,8	1,7	16,4	---

S 12 = Höwenegg, S 10 = Neuhöven, S 9 = Haslen, S 8 = Hohenhöven, S 6 = Hohenstoffeln, S 4 = Homboll, S 1 = Riedheim,

Die hinter den Ziffern der Vorkommen folgenden Zahlen bedeuten die Analysen, wie sie bei dem jeweiligen Vorkommen angegeben sind.

Das Material, das SCHINZINGER analysierte, dürfte wegen des hohen Wassergehaltes nicht ganz frisch gewesen sein und daher der Alkaligehalt zu niedrig liegen, während der Alkaligehalt der berechneten Analyse möglicherweise etwas zu hoch liegt. Es ist im AFM-Diagramm eine Entwicklung des Magmas zu erkennen. Sie verläuft von Mg-reichen zu Mg-ärmeren und Fe-reicheren und endet in den Nephelinschlieren bei alkalireichen Magmen. Die Entwicklung, die hier im kleinen aufgezeigt wird, verläuft auch im großen bei der Entwicklung der Melilith-Nephelinite zu Phonoliten ähnlich.
In der Tabelle 30 sind die Werte der Nigglischen Kata-Norm angegeben. Sie wurden nach folgendem Schema berechnet.

1) 2 Fs + 1 Fa = 1 Mt + 1 Q
2) 6 Cal + 3 Cs + 1 Q = 10 Ge
3) 3 Fo + 3 Cs + 2 Q = 8 Di
4) 3 Ne + 1 Q = 4 Anc
5) 3 Fa + 1 Q = 4 Hy
6) 6 Kp + 4 Q =10 Or
7) 3 Fo + 1 Q = 4 En

Die nach der Kata-Norm gefundenen Werte für Olivin, Pyroxen, Nephelin und Melilith entsprechen in etwa den nach dem modalen Mineralbestand gegebenen Werten. Um nicht den ganzen Na-Gehalt als Nephelin aufzurechnen, wurde etwas Analcim gebildet. Hypersthen-, Orthoklas- und Enstatitbildung sind zur Eliminierung freien Quarzes notwendig. Sehr hohe Enstatit- und niedrige Fo-Gehalte haben die Analyse vom Haslen (S 9-1) und Homboll (S 4-1). Sie fallen damit stark heraus. Die Analyse vom Haslen stammt aus der Kontaktzone das Gestein der Analyse vom Homboll war leicht zersetzt. Zwei Analysen sind von dem nicht untersuchten Vorkommen Wartenberg angegeben. Bei ihnen ist die Enstatitkomponente ziemlich hoch. Ansonsten unterscheiden sie sich wenig von den untersuchten Vorkommen.
Nach der Katanorm ist Feldspatbildung möglich. Daß es im Gestein nicht dazu gekommen ist, ist wohl hauptsächlich der Melilithbildung zuzuschreiben.

7.2. Nickelbestimmungen

An den Gesamtproben einzelner Vorkommen sowie der Hauptgemengteile, soweit sie isoliert werden konnten, wurden Ni-Bestimmungen gemacht. In der Tabelle 31 sind die erhaltenen Werte angegeben. Man erkennt, daß die Ni-Gehalte der Gesteinsproben z.T. wesentliche Unterschiede aufweisen, ebenso die Ni-Gehalte der einzelnen Minerale. Ein Vorkommen mit niedrigen Ni-Gehalten in den Gesteinsproben zeigt ebenfalls niedrige Ni-Gehalte in allen Mineralen.

Tabelle 31. Ni-Werte der einzelnen Vorkommen

	1	2	3	4	5	6	7
Gestein	134	282	347	361	398	633	---
Olivin	1200	1770	1820	1860	1730	1900	---
G.-Pyr.	82	65	57	84	106	97	---
Magnetit	291	560	508	820	764	---	---
Spinell	1025	---	---	1262	---	---	---
grüner Pyr.	---	---	---	---	125	---	---
Pyroxen	---	---	---	---	---	---	43
Ol/Ges.	9,0	6,3	5,2	5,2	4,4	3,0	---
Ol/Pyr.	14,6	27,2	31,9	22,2	16,3	19,6	---

1) Blauer Stein, 2) Höwenegg, 3) Neuhöven, 4) Hohenstoffeln
5) Hohenhöven, 6) Riedheim, 7) Nephelinschliere Hohenstoffeln

In der Fig.15 sind die Olivingehalte der einzelnen Vorkommen gegen die Ni-Gehalte des Gesteins aufgetragen, ebenso das Verhältnis Olivin/Gestein. Es zeigt sich, daß der Ni-Gehalt im Olivin mit steigendem Ni-Gehalt des Gesteins ansteigt. Ein wesentlicher Anstieg ist jedoch nur zwischen dem Vorkommen Blauer Stein und dem Vorkommen Höwenegg gegeben.
Die Kurve Olivin/Gestein deutet an, da das Gestein der einzelnen Vorkommen praktisch gleichen modalen Mineralbestand hat und der einzige bedeutende Ni-Träger des Gesteins der Olivin ist, daß der Olivingehalt der einzelnen Vorkommen mit steigendem Ni-Gehalt des Gesteins zunehmen muß, damit der Ni-Gehalt des Gesteins ausgeglichen werden kann.

Für die Ni-Gehalte des Gesteins sind also erstens vor allem die Olivingehalte der Gesteine und zweitens die Ni-Gehalte der Einzelminerale entscheidend.
Bei den Pyroxenen nimmt der Ni-Gehalt vom grünen Pyroxen (125 ppm) über den Grundmassepyroxen (durchschnittlich 80 ppm) zum Pyroxen der Nephelinschliere (43 ppm) hin ab. Diese auffälligen Unterschiede im Nickelgehalt können mit einer zeitlich verschiedenen Abscheidung der Pyroxene in der Reihenfolge grüner Pyroxen, Grundmassepyroxen, Pyroxen der Nephelinschliere gedeutet werden.

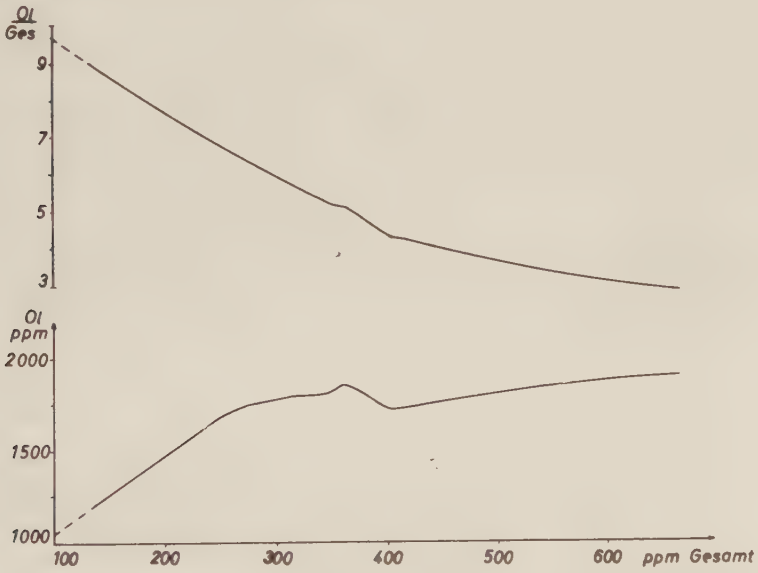

Fig.15: Abhängigkeit des Ni-Gehaltes der Olivine und des Verhältnisses der Ni-Gehalte des Olivins und des Gesteins vom Ni-Gehalt des Gesteins der einzelnen Vorkommen.

Nach Angaben von T.A. HÄKLI und T.L.WRIGHT (1967) nehmen die Verhältnisse der Ni-Gehalte von Olivin/Glas und von Pyroxen/Glas bei fallender Temperatur zu, wobei das Verhältnis Pyroxen/Glas wesentlich stärker zunimmt als das Verhältnis Olivin/Glas. Bildet man nun das Verhältnis der Ni-Gehalte von Olivin/Pyroxen, so erhält man mit

sinkender Temperatur abnehmende Werte. Bildet man für die untersuchten Vorkommen dieses Verhältnis, so ergibt sich folgende Reihenfolge mit fallender Temperatur: Neuhöven, Höwenegg, Hohenstoffeln, Riedheim, Hohenhöven, Blauer Stein. Dies würde also bedeuten, daß die Olivine im Norden bei höheren Temperaturen gebildet wurden als im Süden und am Blauen Stein. Da jedoch wegen der leichteren Isolierung nur die größten Olivine zur Ni-Bestimmung verwandt wurden und die großen Olivine z.T. korrodiert sind, dürfte diese Abhängigkeit nicht die wahren Verhältnisse wiedergeben, jedoch im großen und ganzen in etwa die Richtung angeben. Auffällig ist, daß gerade die größten untersuchten Vorkommen Höwenegg und Hohenstoffeln hohe Bildungstemperaturen für die Olivine anzeigen, was darauf hindeutet, daß die Olivine sehr früh gebildet worden sind.
Stark heraus fällt der Ni-Gehalt der Olivine des Blauen Stein. Der Blaue Stein hat nur knapp 9 Vol% Olivingehalt im Gegensatz zum durchschnittlichen Gehalt von ca. 18 Vol% aller anderen Vorkommen, außerdem sind die Olivine wesentlich kleiner als gewöhnlich. Auch der Spinellgehalt ist hier sehr niedrig. Der Blaue Stein stellt also ein an Ni verarmtes Magma dar.

8. Schlußbetrachtung

Wie schon im Kapitel Chemismus bewiesen, gehören die Melilith-Nephelinite zu der Reihe der Alkali-Olivin-Basalte. Dieses aus dem Gesamtchemismus gewonnene Ergebnis wird durch den Mineralbestand bestätigt.
Olivin ist häufig. Er zeigt bisweilen Resorptionserscheinungen; Reaktionserscheinungen mit den Pyroxenen, wie sie beim Olivin der Tholeiite zu beobachten sind, fehlen aber.

Es kommen zwei voneinander optisch gut unterscheidbare Pyroxene vor, im Chemismus sind die Unterschiede jedoch minimal. Es handelt sich um einen Cr-reichen Salit und um einen Titan-Salit. Die Entwicklung der Pyroxene zu eisenreicheren Mischungsgliedern verläuft bei nahezu gleich-

bleibendem Ca-Gehalt, also parallel zur Verbindungslinie Diopsid-Hedenbergit. Obwohl sich diese Entwicklung nur in einem sehr begrenzten Bereich abspielt, spiegelt sie eindeutig den Trend der Pyroxenentwicklung in einem Alkali-Olivin-Basalt wieder.
Quarz tritt weder modal noch normativ auf; zudem fehlen alle typischen Minerale der Tholeiite. Es handelt sich also auch nach dem Mineralbestand eindeutig um einen Alkali-Olivin-Basalt.

8.1. Abscheidungsfolge der Minerale

Die Spinelle (Picotit) kommen häufig als Einschlüsse im Olivin sowie einzeln im Gestein vor. Große Spinelle zeigen als selbständige Mikro-Einsprenglinge Umwandlungserscheinungen. Der noch intakte Kern wird von einem dunklen Reaktionssaum umgeben. Die Spinelle sind die Erstausscheidungen des alkali-basaltischen Magmas.
Der Olivin ist eine Frühausscheidung. Er ist als großer Einsprengling häufig idiomorph, zeigt jedoch Resorptionserscheinungen. Agglomerate sowie Reste von Olivincumulaten sind in manchen Vorkommen häufig. Der Olivin ist mit einer Ausnahme sehr Ni-reich (um 1800 ppm Ni). Sein Fayalitgehalt liegt zwischen 11,0 und 14,7 %; seine Verteilung im Gestein ist sehr gleichmäßig.
Der grüne Cr-reiche Salit ist meistens idiomorph, in manchen Vorkommen jedoch bevorzugt xenomorph. Er ist ein selbständiges Mineral und bildet nicht die Kerne von später ausgeschiedenen Ti-Saliten. Der Verteilungskoeffizient k für Fe^{2+} und Mg des Mineralpaares Olivin und Cr-reicher Salit ist niedrig, folglich wurden beide Minerale unter Gleichgewichtsbedingungen gebildet. Der Cr-reiche Salit hat sich also gleichzeitig mit dem Olivin ausgeschieden. (HUCKENHOLZ, 1965).
Die Resorptionserscheinungen am Olivin sowie die Umwandlungserscheinungen der Picotite deuten darauf hin, daß beide Minerale mit der Schmelze nicht mehr im Gleichgewicht waren. Es wird angenommen, daß sich diese Minerale

in großen Tiefen gebildet haben und schon als Einsprenglinge beim Aufstieg des Magmas in einen höher liegenden Magmenherd vorhanden waren.
In diesem Magmenherd bildeten sich dann die Einsprenglinge der Ti-Salite sowie die Melilithe.
Die Einsprenglinge der Ti-Salite haben gelegentlich nur einfachen Zonarbau. Der Chemismus des Magmas hat sich daher während ihrer Bildung nur unwesentlich geändert. Ihr Vol% Gehalt ist sehr niedrig, im Durchschnitt 1 - 2 %.
Die Melilithe liegen in ihrer Größe zwischen Grundmasse und Einsprengling. Sie sind immer idiomorph, als Zwickelfüllungen (als zweite Generation) zwischen den Pyroxenleisten der Grundmasse treten sie nicht auf. Die Sanduhrstruktur der Melilithe aus Pyroxenmikrolithen weisen auf gleichzeitige Bildung von Melilith und Pyroxen hin (siehe Abb. 5 und 6). Die ungefähre Zusammensetzung der Melilithe ist nach optischen und röntgenographischen Ergebnissen, ausgedrückt in Gew% der Melilithkomponenten, folgende: 60% Åkermanit, 35% Na-Melilith, 5% Gehlenit. Während der Åkermanit nur bei geringen Drucken stabil ist, können Melilithe mit über 30 Mol% Na-Melilithgehalt noch bei über 20 kb gebildet werden, d.h. noch in Tiefen von mehr als 60 km (I.KUSHIRO, 1963). Eine Vollkommene Mischung der Melilithkomponenten ist nur bei mittleren Drucken zwischen 4 und 10 kb, d.h. in ca. 12-30 km Tiefe, möglich. Da die Na-Melilithkomponente der vorliegenden Melilithe sehr hoch ist, die Schichtmächtigkeit der Sedimentgesteine im Hegau nur bis 1300 m erreicht, dürfte eine Melilithbildung im Niveau der Sedimentgesteine nicht stattgefunden haben.
Die Untersuchungen der Inhomogenitäten des Gesteins erbrachten keine Hinweise auf Kalkassimilation. Melilithbildung durch Assimilation von Kalk kann auch nicht stattgefunden haben, denn dann müßte, wie experimentelle Untersuchungen ergaben (I.KUSHIRO, 1963), der Melilith åkermanitreicher sein. Die Bildung von Kalkassimilation läßt sich also für die untersuchten Melilith-Nephelinit-Vorkommen ausschließen.

Der åkermanitreiche Melilith ist optisch positiv und hat braune anomale Interferenzfarben (SCHAIRER, YODER, Jr.,

TILLEY, 1964). Verschiedentlich auftretende gelbe bis braune Melilithe (Blauer Stein) konnten eindeutig als Pseudomorphosen bestimmt werden.

Die Minerale der Grundmasse sind nach dem Aufstieg der Magmen an die Erdoberfläche während der schnellen Abkühlungsphase gebildet worden.

Es wurden zunächst die Ti-Salite der Grundmasse gebildet. Sie haben die gleiche Zusammensetzung wie die Einsprenglinge. Das Magma scheint sich während der Ruhepause in dem Magmenherd durch die Melilith- und Ti-Salit-Ausscheidung nicht wesentlich geändert zu haben; selbst die Variationsbreite der Ti-Salite der Grundmasse der verschiedenen Vorkommen ist klein.

Größer ist die Variationsbreite der Nepheline als letzte Mineralausscheidung des Magmas. Also erst in der letzten Ausscheidung unterscheiden sich die einzelnen Vorkommen deutlicher. In den großen Vorkommen entwickelte sich das Magma zu Nephelinschlieren.

Die Magnetite kommen als Einschlüsse im Grundmassepyroxen vor und sind daher früher gebildet worden als die Grundmassepyroxene. Die hohen Ni-Gehalte der Magnetite sprechen ebenfalls für frühe Bildung.

Der Perowskit kann als Reaktionsprodukt von Pyroxen und Olivin (BOWEN, 1922) betrachtet werden und dürfte sich zusammen mit dem Magnetit ausgeschieden haben.

Der Apatit kommt sehr häufig als Einschluß im Nephelin vor und ist also älter als dieser. Er dürfte jedoch in die letzte Phase der Kristallisation fallen, da er nicht als Einschluß in den Pyroxen- Einsprenglingen vorkommt. Der Apatit hat sich von einem Cl-Apatit des Gesteins zu einem F-Apatit der Nephelinschliere entwickelt. In der Nephelinschliere kommt er auch als Einschluß im Pyroxen vor.

Der Biotit (Lepidomelan) hat sich erst sehr spät aus einer Restschmelze gebildet.

8.2. Vorstellungen über den Eruptionsmechanismus und die Eruptionsfolge der einzelnen untersuchten Vorkommen des Melilith-Nephelinits

Der Aufstieg der Magmen aus großen Tiefen vollzieht sich über einen Magmenherd zur Erdoberfläche. Im Zuge der Alpenfaltung müssen tiefreichende Spalten im Grundgebirge aufgerissen sein, auf denen das Magma aufgedrungen ist. Die untersuchten Melilith-Nephelinitvorkommen werden alle von Tuff umgeben. Das bedeutet, daß das Melilith-Nephelinitmagma beim Aufstieg relativ schnell entgaste und dabei an der Erdoberfläche Tuffkegel aufbaute. Durch die nahezu vollständige Entgasung des Magmas (sonst hätte es Deckenergüsse geben müssen) dürfte dessen Aufstieg in seiner letzten Phase relativ langsam gegangen und der Aufstieg bis fast an die Erdoberfläche wohl nur durch den vorhandenen Gebirgsdruck aus Richtung der Alpen möglich gewesen sein. So sind die Laven bis auf eine Ausnahme (Blauer Stein) nicht ausgeflossen, sondern in den Tuffkegeln stecken geblieben.
Die untersuchten Vorkommen der Melilith-Nephelinite liegen bis auf die beiden Vorkommen vom Randen alle auf einer N - S verlaufenden Linie. Wir haben es also mit Eruptionen längs einer Spalte zu tun. Der Mafitgehalt, der Spinellgehalt, der Einsprenglingsgehalt der Olivine sowie der Nickelgehalt vom Olivin und Gestein nehmen generell von Süden nach Norden ab.
Trotz der steigenden Höhenlage von Süden nach Norden, die im Vergleich zum Aufstiegsweg des Magmas sehr gering ist, und des damit verbundenen Saigerungseffekts, dürfte hier eine geringe Entwicklung im Magma von Süden nach Norden vorliegen. Es sollte demnach die Eruptionsspalte von Süden nach Norden aufgerissen sein und infolge des Druckgefälles eine Eruptionsfolge von Süden nach Norden stattgefunden haben. Der zeitliche Unterschied dürfte jedoch gering gewesen sein.
Einen wesentlichen Unterschied zu dieser Eruptionsspalte weisen die Melilith-Nephelinite vom Randen auf, vor allem der genauer untersuchte einzige Melilith-Nephelinitstrom des Hegaus. Er hat mit 9 Vol% einen sehr niedrigen Olivingehalt. Die Olivine sind relativ klein und meistens nicht

idiomorph. Der Fayalitgehalt ist mit 14,7 % einer der höchsten des Hegaus. Der Ni-Gehalt im Olivin sowie auch in allen anderen Mineralen ist im Vergleich zu den Vorkommen der Eruptionsspalte sehr niedrig. Der Spinellgehalt und der Mafitgehalt sind die niedrigsten aller untersuchten Vorkommen.
Es wird daher angenommen, daß hier eine von der Eruptionsspalte zeitlich verschiedene Eruption vorliegt, da das Magma eine gewisse Entwicklung durchgemacht hat.

9. Zusammenfassung

1. Es wurden 15 Melilith-Nephelinit-Vorkommen des Hegaus petrographisch untersucht; davon wurden die Vorkommen Schachen und Schopfloch das erste Mal petrographisch beschrieben.
2. Das Gestein ist in allen untersuchten Vorkommen ein Melilith-Nephelinit.
3. Die Minerale des Melilith-Nephelinits wurden alle bis auf den Melilith und einige Akzessorien isoliert und analysiert.
4. Es treten zwei verschiedene Pyroxene auf, ein Cr-reicher Salit und ein Ti-Salit. Der Cr-reiche Salit kommt nur als Einsprengling vor, während der Ti-Salit sowohl als Einsprengling als auch als Mineral der Grundmasse auftritt.
5. Der Melilith ist eine magmeneigene Ausscheidung und wird nicht durch Kalkassimilation des Magmas gebildet. Es handelt sich um einen Na-Melilith-reichen Melilith der ungefähren Zusammensetzung, in Gew%, der einzelnen Melilithkomponenten ausgedrückt, von 60% Åkermanit, 35% Na-Melilith und 5% Gehlenit.
6. Aus den modalen Mineralbeständen einzelner Dünnschliffe wurde eine Abhängigkeit zwischen den Mineralen Melilith und Pyroxen sowie Melilith und Nephelin aufgezeigt.
7. Der Mineralbestand beweist eindeutig die Zugehörigkeit des Melilith-Nephelinits zum Alkali-Olivin-Basalt.
8. Im Gestein kommen Inhomogenitäten vor. Zonen von Melilithanreicherungen bis zu regelrechten Melilithschlieren konnten festgestellt werden. Differentiate in Form von

Nephelinschlieren sind vom Hohenstoffeln und Hohenhöven gefunden worden.

Herrn Dozent Dr. WEISKIRCHNER danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit sowie sein immer währendes Interesse an ihrem Fortschritt.
Dem Direktor des Mineralogischen Instituts, Herrn Prof. Dr.v.ENGELHARDT, danke ich für die Möglichkeit, in seinem Institut Arbeitsmöglichkeit gehabt zu haben.
Prof. Dr. WEIBEL und cand.min. V.STÄHLE danke ich für die Anfertigung chemischer Analysen.
Nicht vergessen möchte ich, den Herren FEIS und MÄLLICH für die Anfertigung zahlreicher Dünnschliffe zu danken.
Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für finanzielle Unterstützung gedankt.

Literaturverzeichnis

BARTH, T.F.W.: The composition of nephelin. Schw.Mineral petrogr. Mitt. 43, 153-164, 1963.

BOLTER, E.: Über Zersetzungsprodukte von Olivin-Feldspaltbasalten. Beitr.Miner. Petr.8, 111-140, 1961.

BOWEN,N.L.: Genetic features of alnöitic rocks of isle Cadieu, Quebec. Am.J.Sci., 5. Serie,Vol.3.No.13 1-34, 1922.

BROTHERS,R.N.: A Penetration-Twin in olivine. Amer.Miner., Vol 44, 1086-1089, Sept.-Okt. 1959.

BROWN, G.M.: The effect of ion substitution on the unit cell dimension of the commen clinopyroxenes. Amer.Miner. 45, S. 15, 1960.

CARLÉ, W.: Die Hegau-Heldberg-Zone, ein rheinisch streichendes Lineament in Süddeutschland, Jh.geol. Abt. württ.stat.L.A., 2, 14-26, Stuttg. 1952.

DEER, W.A.,HOWIE, R.A.,ZUSSMAN,J.: Rock-forming minerals, vol. 1-4, London: Longmans, Green & Col,Ltd.1962/63.

DONNAY,G. and SCHAIRER,J.F. and DONNAY, J.D.H.: Nephelin solid solutions. J.miner.Soc., Vol 32, No 245,1959.

EITEL,W.: Über die Synthese der Feldspatvertreter. Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H.,Leipzig 1925.

v.ENGELHARDT,W. u.WEISKIRCHNER,W.: Einführung zu den Exkursionen der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft zu den Vulkanschloten der Schwäbischen Alb und in den Hegau.-Fortschr.Mineral.,40,5-28, 1962.

ERB.J.: Die vulkanischen Auswurfmassen des Hehgaus.- Vjschr.naturforsch.Ges.Zürich, 45, 1-58, 1900.

ERB.L.: Geologische Spezialkarte von Baden. Erläuterungen zu Blatt Hilzingen (Nr. 146).-Freiburg 1931.

--- Tektonik des Hegaus.-Fortschr.Geol.Paläont., 11, 511 - 520, 1932.

--- Der Riedheimer Basaltgang, eine alte Erdbebenspalte im Hegau.-Mitt.badischen Landesverb.Naturkde. Naturschutz, 6S., Freiburg 1932.

GRUBENMANN,U.: Die Basalte des Hegaus.-Diss.,Zürich 1886.

HAKKER,R.I. and TUTTLE,O.F.: The lower limit of stability

of akermanite ($Ca_2MgSi_2O_7$). Amer.J.Sci., Vol.254, 468-478, August 1956.

HOFMANN,F.: Das moderne geologische Bild des Hegau-Vulkanismus.-Hegau 2, 301-313, 1960.

--- Bericht der Exkursion der Schweizer Mineralogischen Gesellschaft im Hegau.-Schweiz.Miner.petr.Mitt.45, 20 - 33, 1965.

HUCKENHOLZ,H.G.: Der petrogenetische Werdegang der Klinopyroxene in den tertiären Vulkaniten der Hocheifel. I.Die Klinopyroxene der Alkali-Olivinbasalt-Trachyt-Assoziation.-Beitr.Miner.Petr.,Bd. 11, 138-195,1965.

JAMBOR,J.L. and SMITH,Ch.H.: Olivin composition determination with small diameter X-ray powder cameras.-Miner. Mag.33, 730-741, 1964.

JÖRG,E.: Tierwelt und Landschaft am Höwenegg/Hegau nur Unterpliozänzeit. Hegau, 2, 117-125, Singen 1957.

KRAUSE,O. und W.WEISKIRCHNER: Über den Olivinmelilithit vom Höwenegg, Hegau.-Vortragsreferat, Tagung der DMG, Berlin 1967.

KUSHIRO,I.: Stability Field of Akermanite.-Year Book 63, 84-86, Carnegie Institution.

KUSHIRO,I.: The Join Akermanite-Soda Melilite at 20 Kilobars.-Year Book 63, 90-92, Carnegie Institution.

LEOPOLD,G.: Über das Auftreten von Monticellit in den ankaratritischen Gesteinen der Schwäbischen Alb.- Cbl. Mineral.A, 36-40, 1940.

--- : Die chemischen und physiographischen Beziehungen der basischen Eruptiva der Alb, des Hegaus und des Polzengebietes (Sudetenland) zu den Ankaratriten Madagaskars.-Jber.Mitt.oberrhein.geol.Ver.,N.F., 29, 88-126, 1940.

LIPPOLT,H.J., GENTNER,W. und WIMMENAUER,W.: Altersbestimmungen nach der K-Ar-Methode an tertären Eruptivgesteinen Südwestdeutschlands.-Jh.Geol.Landesamt Baden-Württemberg 6, 507-538, Freiburg i.Breisgau,1963.

LOHMANN,L.: Ein Beitrag zur Petrographie Melilith-führender Olivinnephelinite aus dem Gebiet Fritzlar-Naumburg (Nordhessen).-Beitr.Miner.Petr.9, 533-584, 1964.

MACGREGOR,I.D. and SMITH, Ch.H.: The use of Chromespinels in petrographic studies of ultramafic instrusions.- Canad.Miner. 7, 403-412, 1963.

MATHIAS,M.: Two olivins from South African melilite-basalts.- Miner.Mag. 28, 1947-1949, 1943.

MÄUSSNEST,O.: Feld- und gesteinsmagnetische Arbeiten im Gebiet der Hegauvulkane.-Jber.u.Mitt.oberrh.geol. Ver.,N.F. 46, Stuttgart, 1.12.1964.

MÖHL,H.: Mikroskopische Untersuchungen einiger Basalte Badens.- N.Jb.Miner.Geol.Paläont., 824-850,1873.

NIGGLI,P. und HÜSCHER,J.: Bericht über die Exkursion der Schweizer Geoligischen Gesellschaft in das Hegau und den Randen vom 28.-31. August 1921.-Ecl.Geol. Helv., 16, 593-611, 1922.

NURSE, R.W.: and MIDGLEY,H.L.: Studies in the melilite solid solutions.-J.Iron Steel, Inst.(London) 174, 121,1953.

POLDERVAART,A. and HESS,H.H.: Pyroxenes in the cristallization ot basaltic magma.-J.Geol.,472-489, 1951.

RECK,H. und Dietrich,W.O.: Ein Beitrag zur Altersfrage der Hegau-Basalt-Vulkane.-Cbl.Mineral.,139-148, 1922.

RECK,H.: Die Hegau Vulkane.-Verl.Bornträger, 248S.,Berlin 1923.

SCHAIRER,J.F.,YAGI,Kenzo, and H.S. YODER,Jr.: The System Nepheline-Diopside-Year Book 51, Carnegie Institution.

SCHAIRER,J.F.;H.S.Yoder,Jr., and C.E.TILLEY: The High-Temperature Behavoir of Synthetic Melilites in the Join GehleniteSSoda Melilite-Akermanit.- Year Book 65, 217-226, Carnegie Institution.

--- Behavior of Melilites in the Join Gehlenite-Soda Melilite-Akermanite at one Atmosphere Pressure.- Year Book 64, 95-100, Carnegie Institution.

SCHMIDLE,W.: Die Geologie von Singen und der Hegau-Vulkane.- 3. Auflage, Singen 1949.

SCHREINER,A.: Geologische Beobachtungen beim Ausbau der Straße von der Absetze nach Engen.-Hegau, 3,78-82, Konstanz 1958.

SCHREINER,A.:

--- : Basaltgänge im verkarsteten Oberen Weißen Jura bei Immendingen/Donau.-Mitt.bad.Landesver.Naturk. und Natursch.,N.F., 7,5,305-312, Freiburg i.Br. 1959 (1959 b).

--- : Goethes geologische Bemerkungen bei seiner Reise durch den Hegau.-Hegau,6, 104-107,Singen 1961 (1961c)

--- : Geologische Untersuchungen am Höwenegg/Hegau.- Jh.geol. Landesamt Baden-Württbg.,6,31.Dez. 1963.

--- : Über wenig bekannte vulkanische Gebilde zwischen Baar und Hegau.-Mitt.bad.Landesver.Naturkd.u. Naturschutz, N.F.9, 11-20,Freiburg i.Br. 31.März 1966.

--- : Geologische Karte von Baden-Württ. 1:25 000.- Erl. zu Bl.8118 Engen, 190 S., Stuttgart 1966.

SICK,U.: Der Phonolith vom Gönnersbohl im Hegau.-Dipl.Arbeit, Tübingen, 1966.

SMITH J.V. and SAHAMA Th.G.: Determination and composition of natural nephelines by X-ray method.-Mineral. Mag. 30, 439-449, 1954.

STELZNER,A.: Über Melilith und Melilithbasalt.-N.Jb.Mineral., Beil.-Bd., 2, 369-439, 1883.

TRÖGER,W.E.: Optische Bestimmungen der gesteinsbildenden Minerale. Teil I.-Verl.Schweizerbart, 3.Auflage, Stuttgart 1959.

--- Optische Bestimmungen der gesteinsbildenden Minerale. Teil II, Textband.-Verl.Schweizerbart, Stuttgart 1967.

VETTER,O.: Die Eruptivgesteine des Hegaus, ihre hydrothermalen Umwandlungen und Neubildungen.-N.Jb.Mineral.Geol. A.Beil.-Bd. 73, 79-136, 1938.

WEDEPOHL,K.H.: Die Untersuchung petrologischer Probleme mit geochemischen Methoden.-Fortschr.Miner.41,1,99-121, Stuttgart, Sept. 1963.

--- : Die Nickel- und Chromgehalte von basaltischen Gesteinen und deren Olivinführenden Einschlüssen.- N.Jb.Miner.,Monatsh.9/10, 237-242, 1963.

WEISKIRCHNER,W.: Die helvetischen Tuffite des Hegaus.-Fortschr. Mineral., 41, 1963.

WEISKIRCHNER,W.: Die Hornblendetuffe des Hegaus.-Fortschr. Mineral.42, 1964.

---: Über die Deckentuffe des Hegaus.-Geol.Jahrg. 16, Beih. 58, 1-90, Berlin, Nov. 1967.

---: Bemerkungen zum Hegau-Vulkanismus.-The Rhinegraben Progress Report 1967.

---: Bemerkungen zum Hegau-Vulkanismus.-Abh.geol.Landesamt Baden-Württemberg, 6, 139-141, 1967.

WILKINSON.J.F.G.: Clinopyroxenes of Alkali-Olivin-Basalt magma.-Am.Miner.41, 724-743,1956.

WIMMENAUER,W.: Die Bedeutung der Olivinnephelinite und Melilithankaratrite im tertiären Vulkanismus Mitteleuropas.-N.Jb.Min.Mh., 278-281, 1963.

WINCHELL,A.N.: The spinel group.-Amer.Miner.26, 422-428, 1941.

ZESCHKE,G.: Die Vulkanruine des Höweneggs im Hegau.-Der Aufschluß, 7, 162-166, 1956.

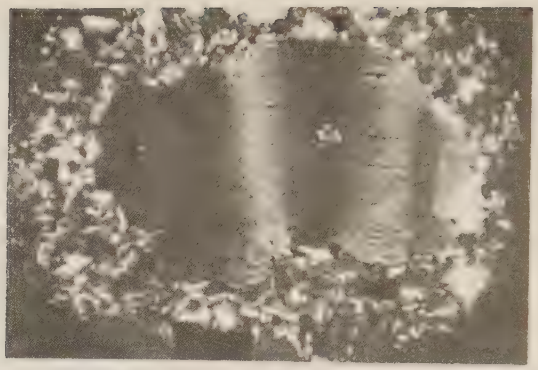

Abb.1: Undulös auslöschender Olivin, Riedheim, Schliff 7, Verg. 45fach, + Nicols.

Abb.2: Durchkreuzungszwillinge von Olivin, Blauer Stein, Schliff 1, Vergr. 25fach, + Nicols.

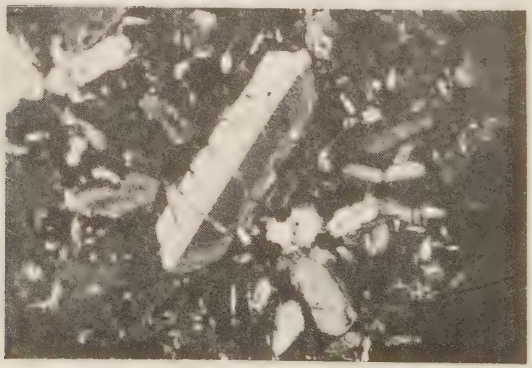

Abb.3: Pyroxeneinsprengling, Zwillingsbildung nach (100); in dem einen Zwillingsindividuum ist Zonarbau erkennbar, Homboll, Schliff 2, Vergr.25fach, + Nicols.

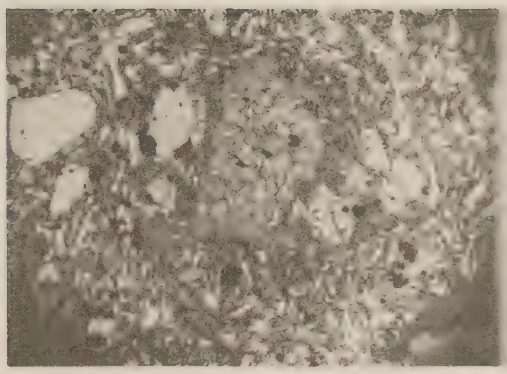

Abb.4: Pyroxenanhäufung, in deren Zwickeln Nephelin sitzt, mit deutlicher Reaktionszone; wahrscheinlich Umwandlung eines Fremdgesteinspartikels oder einer Frühausscheidung, Hohenstoffeln, Schliff 16, Vergr.10fach.

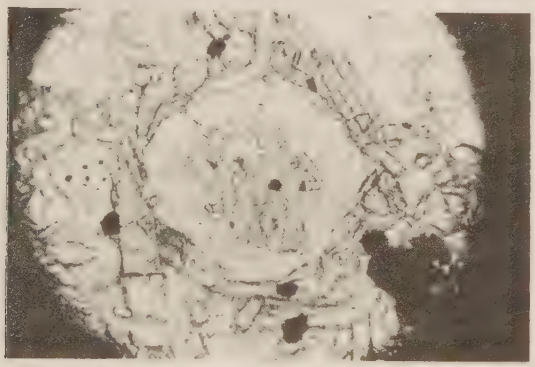

Abb.5.: Basisschnitt eines Meliliths, im Zentrum mit Pyroxenmikrolithen, Hohenstoffeln, Schliff 11, Vergr.45fach.

Abb.6: Durch Pyroxenmikrolithe erzeugte Sanduhrstruktur des Meliliths, Hohenstoffeln, Schliff 16, Vergr. 25fach.

L E B E N S L A U F

Am 22.10.1937 wurde ich, Otto, Bernhard, Kuno Krause, als drittes Kind des Volkschullehrers Otto Krause und seiner Ehefrau Frieda, geb. Wruck, in Tempelburg (Pommern) geboren. Nach zweimonatigem Schulbesuch im Herbst 1944 in Tempelburg mußte ich meine Schulausbildung für über 1,5 Jahre unterbrechen, denn erst im Mai 1946 wurden wir von den Polen ausgewiesen. Im Juli 1946 konnte ich dann in der Volkschule Horsdorf, Kreis Eutin (Schleswig-Holstein), meine Schulausbildung fortsetzen. Ab Frühjahr 1951 besuchte ich das Gymnasium in Bad Schwartau, an dem ich 1958 die Reifeprüfung ablegte. Vom 16.4.1958 bis zum 31.3.1959 leistete ich den Grundwehrdienst in der Bundeswehr ab.

Im Sommer 1959 begann ich mein Studium der Geologie an der Universität Hamburg. Im Frühjahr 1962 legte ich die Diplom-Vorprüfung in Geologie ab. Danach wechselte ich zur Universität Tübingen. Nach Anfertigung einer Meldearbeit im Saarkohlenbergbau fertigte ich dort auch eine Diplomarbeit mit dem Titel "Kartierung der höheren Westfal-Schichten nördlich von Saarbrücken" unter Leitung von Prof.Dr. SCHÖNENBERG an. Im Sommer 1966 legte ich die Diplom-Hauptprüfung in Geologie ab.

Im Herbst 1960 begann ich im Mineralogischen Institut der Universität Tübingen unter Leitung von Dozent Dr. WEISKIRCHNER meine Dissertation "Die Melilith-Nephelinite des Hegaus". Die Untersuchungen dazu schloß ich im März 1969 ab.

Seit 1966 bin ich mit Helene Löhmer verheiratet.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten Dres.:

Einsele, Engel, v. Engelhardt, v. Gaertner, Hartung, Hecht, Hiller, Kneuper, Kosswig, Lehmann, Leitz, Lodemann, Maegdefrau, Mevius, G.Müller, Neuert, Niedermeyer, Oboussier, Remy, Rüdorff, Schindewolf, Schönenberg, Seilacher, Valeton, Voigt, Weiskirchner, Westphal.

Druck: Polyfoto Dr. Vogt KG
Stuttgart 1, Königstraße 19 a
Telefon 291063

Druck: Polyfoto Dr. Vogt KG
Stuttgart 1, Königstraße 19 a
Telefon 291063